



Etude géologique de la région d'Avaj (NW de l'Iran)- Stratigraphie et tectonique.

Mohammad Hossein Bolourchi

► To cite this version:

Mohammad Hossein Bolourchi. Etude géologique de la région d'Avaj (NW de l'Iran)- Stratigraphie et tectonique.. Minéralogie. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1975. Français. NNT : . tel-00564667v2

HAL Id: tel-00564667

<https://theses.hal.science/tel-00564667v2>

Submitted on 26 Aug 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

T H E S E

Pr é s e n t é e

à l'Université Scientifique et Médicale de Grenoble

pour obtenir

le grade de DOCTEUR ES SCIENCES

ETUDE GEOLOGIQUE DE LA REGION D'AVAJ (NW DE L'IRAN)
Stratigraphie et Tectonique

par

MOHAMMAD HOSSEIN BOLOURCHI

Géologue au Service Géologique de l'Iran

Soutenue le Juillet 1975 devant la commission d'examen

R. MICHEL	Président
J. DEBELMAS	Rapporteur
P. VIALON	Examineur
C. KERKHOVE	Examineur
A. VATAN	Examineur invité

M. Michel SOUTIF
M. Gabriel CAUPrésidents M. Louis NEEL
Vice-Présidents M. Lucien BONNETAIN
Jean BENOIT

MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT DE L'U.S.M.G.

PROFESSEURS TITULAIRES

MM. ANGLES D'AURIAC Paul
ARRAUD Georges
ARNAUD Paul
AUBERT Guy
AYANT Yves
Mlle BARBIER Marie-Jeanne
M. BARBIER Jean-Claude
BARON Robert
BARON Raymond
BARON Robert
BARON Jean-René
BARRIE Joseph
BEAUDOUX André
BERNARD Alain
Mme BERTANDIAS François
M. BEZES Henri
BLUMBERT Maurice
BOLLEET Louis
BONNET Georges
BONNET Jean-Louis
BONNET-ETIARD Joseph
BOUCHERIE André
BOUCHER Robert
BOUSSARD Jean-Claude
BRAVARD Yves
CABANEL Guy
CALAS François
CARREZ Gilbert
CAU Gabriel
CAUDOU Georges
CHABAUTY Claude
CHABACHON Robert
CHATEAU Robert
CHIRON Pierre
COIRAT André
CONTAMIN Robert
COUDERC Pierre
COURAT Antoine
Mme DEBELVAS Anne-Marie
M. DEBELVAS Jacques
DEGRANDE Charles
DEPORTES Charles
DESSAUX Georges
DOUJ Jacques
DOULQUE Jean-Michel
DUCROS Pierre
DUOIS Pierre
FAU RenéMécanique des fluides
Clinique des maladies infectieuses
Chimie
Physique
Physique approfondie
Electrochimie
Physique expérimentale
Géologie appliquée
Physique nucléaire
Biosynthèse de la cellulose
Statistiques
Clinique chirurgicale
Pédiatrie
Mathématiques Pures
Mathématiques Pures
Chirurgie générale
Mathématiques Pures
Informatique (IUT B)
Electrotechnique
Clinique ophtalmologique
Pathologie médicale
Chimie et toxicologie
Physique nucléaire
Mathématiques Appliquées
Géographie

Mlle

LUTZ Elisabeth
MALGRANCE Bernard
MALINAS Yves
MARTIN-ROEL Pierre
MAZERE Yves
MICHEL Robert
MOIRIQUAND Claude
MOUSSA André
NEEL Louis
OZENDA Paul
PAYAN Jean-Jacques
PEBAY-PEYROLA Jean-Claude
RENAUD Michel
REULOS René
RINALDI Renaud
ROGET Jean
DE ROUSEYROT Jacques
SENGERIN Raymond
SENGEL Philippe
SOUTIF Michel
TANCHE Maurice
TRAYNARD Philippe
VALLENTIN François
VAUDOUIS Jacques
Mme VERAIN Alice
M. VERAIN André
M. VERNET Paul
VIGNAIS Pierre
YOCOZ JeanChimie physique
Mathématiques Pures
Mathématiques Pures
Analyse numérique
Pharmacologie
Electrocardiologie
Mathématiques Pures
Mécanique
Géologie
Physique générale
Mathématiques Pures
Mathématiques Pures
Mécanique
Mathématiques Appliquées
Thermodynamique
Biologie végétale
Physique
Chirurgie générale
Biochimie pharmacologique
Mathématiques Appliquées
Clinique médicale B
Géophysique
Physique nucléaire
Géographie
Mathématiques Pures
Mathématiques Pures
Clinique obstétricale
Sémiologie médicale
Clinique médicale A
Histologie et Pétrographie
Chimie nucléaire
Physique du solide
Botanique
Mathématiques Pures
Physique
Chimie systémique
Thermodynamique
Physique Industrielle
Physique
Clinique de pédiatrie et de puériculture
Neuro-chirurgie
Microbiologie et Hygiène
Zoologie
Physique générale
Physiologie
Chimie générale
Zoologie
Physiologie
Physique Nucléaire
Calcul électronique
Pharmacologie
Physique
Géographie
Biochimie
Biochimie médicale
Physique nucléaire théorique

M.

GAGNAIRE Didier
GALLISSOT François
GALVANI Octave
GASTINEL Henri
GAVEND Michel
GEINDE Michel
GERSEN Robert
GERMAIN Jean-Pierre
GIRAUD Pierre
KHANE André
KLEIN Joseph
KOSZUL Jean-Louis
KRAVOTCHENKO Julien
KUNTZMANN Jean
LACAZE Albert
LACHAPELLE Jean
LACROIX Joseph
LATREILLE René
LATREILLE Jean
LAURENT Pierre
LEDRU Jean
LEBOUTRY Louis
LONGUEUR Jean-Pierre
LOUP Jean
LUTZ Elisabeth
MALGRANCE Bernard
MALINAS Yves
MARTIN-ROEL Pierre
MAZERE Yves
MICHEL Robert
MOIRIQUAND Claude
MOUSSA André
NEEL Louis
OZENDA Paul
PAYAN Jean-Jacques
PEBAY-PEYROLA Jean-Claude
RENAUD Michel
REULOS René
RINALDI Renaud
ROGET Jean
DE ROUSEYROT Jacques
SENGERIN Raymond
SENGEL Philippe
SOUTIF Michel
TANCHE Maurice
TRAYNARD Philippe
VALLENTIN François
VAUDOUIS Jacques
Mme VERAIN Alice
M. VERAIN André
M. VERNET Paul
VIGNAIS Pierre
YOCOZ Jean

PROFESSEURS SANS CHAIRE

Mlle AGNIUS-DELOD Claudine
M. ALARY Josette
M. BELONIZY Elie
BENZAKEN Claude
BERTANDIAS Jean-Paul
BIAREZ Jean-Pierre
BONNIER Jean
Mme BRUGEL Lucien
M. CAILLER Georges
COMTE René
DEPASSSEL Roger
GAUTHIER Yves
GAUTHIER René
GIDON Paul
GLENET René
HACQUES Gérard
HOLLARD Daniel
HUGONOT Robert
IOELMAN Simon
JAHN Bernard
JOLY Jean-René
JULIEN Pierre
KAHANE Josette
KUN Gérard
LUI-DUC-Quang
MAYNARD Roger
KILLER Jean-Michel
PERREUX Jean-Jacques
PESTER Jean-Claude
M. PIETI Yvette
REBOCO Jacques
REBOCO Michel
REYMOND Jean-Charles
SARAZIN Roger
SARROT-REYNAUD Jean
SIBILLE Robert
SIBILLE Louis
SOUTIF Jeanne
M. VIALON Pierre
VAN COTTET BernardPhysique pharmacologique
Chimie analytique
Physique
Mathématiques appliquées
Mathématiques appliquées
Mécanique
Chimie générale
Energetique
Biologie végétale
Physique
Mécanique des fluides
Sciences biologiques
Chimie
Géologie et Minéralogie
Chimie organique
Calcul numérique
Hématologie
Physiologie animale
Hygiène et Méd. Préventive
Géographie
Mathématiques pures
Mathématiques appliquées
Physique
Chimie Organique
Physique du solide
Thérapeutique
Géologie et minéralogie
Physique du solide
Physiologie animale
Biologie (CNS)
Urologie
Chirurgie générale
Chirurgie pédiatrique
Anatomie et chirurgie
Géologie
Construction Mécanique
Chirurgie générale
Physique générale
Géologie
Mathématiques appliquées

MAITRES DE CONFERENCES ET MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

MM. AMBLARD Pierre
AMBAOISE-HOYAS Pierre
Mme ARNAUD Yves
Mme BEGUIN Claude
M. BILLET Jean
M. BOUCHARAT Jacques
Mme BOUCHET Liane
M. BRODEAU François
BUISSON Roger
BUTEL Jean
CHABAZ Edmond
CHAMPETIER Jean
CHERADAME Hervé
CHIAVERIHA JeanDermatologie
Parasitologie
Chimie
Chimie organique
Pharmacodynamique
Géographie
Psychiatrie adultes
Mathématiques (CNS)
Anatomie
Physique
Orthopédie
Bioclimie médicale
Anatomie et organogénèse
Chimie papetière
Biologie appliquée (TFP)

- 4 -

M. COHEN-ADDA Jean-Pierre
COLOMB Maurice
COULOMB Max
CROUZET Guy
CYROT Michel
DELOBEL Claude
DUSSAUD René
ETERMADISSI Jacqueline
FURE Jacques
FONTAINE Jean-Marc
GENSAC Pierre
GIDON Maurice
GRIFFITHS Michaël
GROS Yves
GROULADE Joseph
GUITTON Jacques
IVANES Marcel
JALBERT Pierre
KRAKOWIAK Szecha
LAZEROWICZ Jeannine
LEROY Philippe
LOISEAUX Jean-Marie
MACHE Régis
MAGNIN Robert
MARÉCHAL Jean
MARTIN-BOUVIER Michel
MICHOULIER Jean
MINIER Colette
MICOUD Max
MUGOUD Max
NÈGRE Robert
PARAMELLE Bernard
PECCOUD François
PEFFEN René
PELMONT Jean
PERRET Jean
PHELIP Xavier
RACHAIL Michel
RACINET Claude
RAYNAUD Hervé
RENAUD Maurice
RENAUDET Jacqueline
RICHARD Lucien
RINAUDO Marguerite
ROMIER Guy
SHOM Jean Claude
STIEGLITZ Paul
STOEBNER Pierre
VROUSOS Constantin

MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS

M. CRABEE Pierre
CABOT
CURRIE Jan

CHARGES DE FONCTIONS DE MAÎTRES DE CONFÉRENCES

M. BARGE Michel
CONTANIN Charles
CORDONNIER Daniel
DENIS Bernard
KOLODIE Lucien
RAMBAUD Pierre
ROCHAT Jacques

Neuro-chirurgie
Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
Néphrologie
Cardiologie
Hématologie
Pédiatrie
Hygiène et hydrologie

Spectrométrie physique
Biochimie médicale
Radiologie
Radiologie
M.I.A.G.
Mathématiques (C.S.)
Physiologie
Médecine légale
Mathématiques Pures
Botanique
Géologie
Mathématiques Appliquées
Physique (stag.)
Biochimie médicale
Chimie
Électrochimie
Histologie
Mathématiques appliquées
Physique
Mathématiques
Physique Nucléaire
Physiologie végétale
Hygiène et Médecine préventive
Mécanique
Chimie (C.S.)
Physique (I.U.T. "A")
Physique
Maladies infectieuses
Mécanique
Pneumatologie
Analyse (I.U.T. B)
Métallurgie
Physiologie animale
Neurologie
Rhumatologie
Médecine interne
Gynécologie et obstétrique
M.I.A.G.
Chimie
Bactériologie
Botanique
Chimie macromoléculaire
Mathématiques (I.U.T. B)
Chimie Générale
Anesthésiologie
Anatomie pathologique
Radiologie

C.E.R.M.O.
Mathématiques appliquées
Mathématiques appliquées

MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT DE L'I.N.P.G.

PROFESSEURS TITULAIRES

M. BENOIT Jean
BESSON Jean
BONNETAIN Lucien
BONNIER Etienne
BRISSENEAU Pierre
BUYLE-BODIN Maurice
COUMES André
FELICI Noël
PAUTHENET René
PERRET René
SANTON Lucien
SILBER Robert

Radioélectricité
Électrochimie
Chimie Minérale
Électrochimie, Electrometallurgie
Physique du solide
Électronique
Radioélectricité
Électrostatique
Physique du solide
Servomécanismes
Mécanique
Mécanique des Fluides

PROFESSEUR ASSOCIÉ

M. BOUDOURIS Georges

Radioélectricité

PROFESSEURS SANS CHAIRE

M. BLIJAN Samuel
BLOCH Daniel
COHEN Joseph
DURAND Francis
MOREAU René
POLOUJADOFF Michel
VEILLON Gérard
ZADWORY François

Électronique
Physique du solide et Cristallographie
Electrotechnique
Métallurgie
Mécanique
Electrotechnique
Informatique fondamentale et appliquée
Electronique

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

M. BOUVARD Maurice
CHARTIER Germain
FOULARD Claude
GUYOT Pierre
JOURNET Jean Claude
LACOURTE Jean Louis
LANCIA Roland
LESPINARD Georges
MORET Roger
ROBERT François
SABONNIÈRE Jean Claude
Mme SAUCIER Gabrielle

Génie mécanique
Electronique
Automatique
Chimie minérale
Physique du solide
Géophysique
Physique atomique
Mécanique
Electrotechnique nucléaire
Analyse numérique
Informatique fondamentale et appliquée
Informatique fondamentale et appliquée

MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS

M. LANDAU Jean Doré

Automatique

CHARGES DE FONCTIONS DE MAÎTRES DE CONFÉRENCES

M. ANCEAU François

Mathématiques appliquées

- 5 -

Fait à St Martin d'Hères JANVIER 1974

A ma famille

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS

Ch. I - INTRODUCTION

A - UNITES STRUCTURALES DE L'IRAN NW	2
B - UNITES STRUCTURALES DE LA REGION ETUDIEE	2
C - CARACTERES GENERAUX DE LA ZONE DE L'IRAN CENTRAL	3
D - CARACTERES GENERAUX DE LA ZONE DE SANANDAJ - SIRJAN	7
E - HISTORIQUE DES ETUDES	10
F - PRINCIPAUX RESULTATS OBTENUS	10
G - APERCU GEOGRAPHIQUE	11

Ch. II - STRATIGRAPHIE

INTRODUCTION	20
A - PRECAMBRIEN	24
a - FORMATION DE KAHAR	24
B - INFRACAMBRIEN	27
a - FORMATION DE SOLTANIEH	27
b - FORMATION DE BARUT	29
c - FORMATION DE ZAIGUN	31
d - PALEOGEOGRAPHIE DE L'INFRACAMBRIEN	31
C - PALEOZOIQUE	34
a - CAMBRIEN	34
1 - Formation de Lalun	34
2 - "Top Quartzite"	38
3 - Formation de Mila	39
4 - Paléogéographie du Cambrien	44
b - CARBONIFERE	45
1 - Formation de Sinak	45
1.1 - Unité inférieure	45
1.2 - Unité supérieure	45
2 - Age de la formation de Sinak	47
3 - Paléogéographie du Carbonifère	48
c - PERMIEN	50
1 - Formation de Dorud	50
2 - Formation de Ruteh	51
3 - Formation de Nesen	56
4 - Paléogéographie du Permien	59
d - CONCLUSION GENERALE SUR LE PALEOZOIQUE	60
D - MESOZOIQUE	61
a - TRIAS DANS LA ZONE D'AB-E-GARM	61
1 - Formation d'Elikah	61
1.1 - Unité A	62
1.2 - Unité B	62
2 - Age de la Formation d'Elikah	64
3 - Paléogéographie du Trias	65
4 - Horizon de bauxite paléocimmérienne	67

b - JURASSIQUE DANS LA ZONE D'AB-E-GARM	69
1 - Formation de Shemshak	69
2 - Formation de Dalichai	74
3 - Formation de Lar	80
c - TRIAS SUPERIEUR - JURASSIQUE DANS LA ZONE DE RAZAN	83
1 - Dans la chaîne d'Avaj méridionale	83
2 - Dans la chaîne de Razan	83
3 - Etude microscopique des roches métamorphiques et intrusions	84
4 - Age de la série des schistes	85
5 - Le degré de métamorphisme	86
6 - L'âge de métamorphisme	86
d - PALEOGEOGRAPHIE DU JURASSIQUE	87
1 - Lias	87
2 - Dogger	87
3 - Malm	87
e - CRETACE INFERIEUR	91
1 - Dans la chaîne d'Ab-e-Garm	91
2 - Dans le Kuh-e-Bozorg	98
3 - Dans la zone de Razan	99
4 - Comparaisons et aperçu paléogéographique	101
f - CRETACE SUPERIEUR	104
1 - Unité A	104
2 - Unité B	106
3 - Unité C	107
4 - Unité D	107
5 - Comparaisons et aperçu paléogéographique	110
E - TERTIAIRE	
a - EOCENE	111
1 - Formation de Fajan	111
2 - Formation de Ziarat	113
3 - Formation de Karaj	120
3.1 - L'ensemble des tufs verts	121
3.2 - L'ensemble des roches volcaniques	123
3.3 - Age et distribution de la formation de Karaj ..	129
3.4 - Remarque sur la sédimentation de la Formation de Karaj	129
4 - Conclusion et aperçu paléogéographique	130
b - OLIGOCENE CONTINENTAL	131
1 - Formation rouge inférieure	131
c - OLIGO-MIOCENE	133
1 - La Formation de Qom	133
1.1 Dans la chaîne d'Ab-e-Garm	133
1.2 Dans la chaîne d'Avaj septentrionale	137
1.3 - Dans la chaîne d'Avaj méridionale	143
1.4 - Dans la chaîne de Razan	151
1.5 - Age, transgression et distribution de la formation de Qom	153
1.6 - Conclusion	154
d - MIOCENE	156
1 - Formation rouge supérieure	156
1.1 - Unité 1 (Les couches rouges d'Avaj)	156
1.2 - Unité 2 (Conglomérats de Biab)	159
1.3 - Age de la formation rouge supérieure	160
1.4 - Conclusion	161

F - QUATERNAIRE	163
a - LES SEDIMENTS	163
b - LES ROCHES VOLCANIQUES	163

Ch. III - CONCLUSION A L'ETUDE PETROGRAPHIQUE ET PETROCHIMIQUE DES ROCHES IGNEES

A - RESUME DE L'HISTOIRE VOLCANIQUE DE LA REGION ETUDIEE	165
B - MINERALOGIE DES ROCHES VOLCANIQUES	166
C - PETROCHIMIE DES ROCHES VOLCANIQUES	166
a - DIFFERENTS TYPES DE LAVES (REGION D'AVAJ) D'APRES RITTMAN	173
b - INDICE DE DIFFERENCIATION (I.D.)	174
D - INTRUSION	175

Ch. IV - GEOLOGIE ECONOMIQUE

INTRODUCTION	178
A - LES SUBSTANCES MINERALES	178
B - LES EVAPORITES	182
C - LES SUBSTANCES COMBUSTIBLES	182
D - LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION	183

Ch. V - TECTONIQUE

INTRODUCTION	185
A - L'HISTOIRE TECTONIQUE	186
a - PHASE OROGENIQUE DU PRECAMBRIEN TARDIF (ASSYNTIQUE OU BAIKALIENNE)	186
b - PHASE EPIROGENIQUE CAMBRIENNE	186
c - PHASE EPIROGENIQUE POST-CAMBRIENNE - ANTE CARBONIFERE ..	186
d - PHASE EPIROGENIQUE ANTE-PERMIENNE (HERCYNIENNE)	187
e - PHASE EPIROGENIQUE ANTE-TRIASIQUE (PALATINE)	187
f - LES MOUVEMENTS FINI-TRIASIQUES OU ANTE-LIASIQUES (PHASE PALEOCIMMERIENNE)	187
g - PHASE ANTE-BARREMIENNE OU APTIENNE (NEOCIMMERIENNE OU NEVADIENNE)	188
h - PHASE EPIROGENIQUE DU CRETACE MOYEN (AUSTRALIENNE)	188
i - PHASE OROGENIQUE ANTE-EOCENE (LARAMIENNE)	188
j - PHASE OROGENIQUE ANTE-OLIGO-MIOCENE	189
k - LES MOUVEMENTS PLIO-PLISTOCENES	189
l - PHASE ANTE-QUATERNAIRE ANCIEN (WALLACHIENNE)	189
B - UNITES STRUCTURALES DE LA REGION D'AVAJ	191
a - LA DEPRESSION DE ZEYA KAND	191
b - LA CHAINE D'AB-E-GARM	191
c - LA DEPRESSION D'AB-E-GARM	191
d - LA CHAINE D'AVAJ SEPTENTRIONALE	191
e - LA CHAINE D'AVAJ MERIDIONALE	193
f - LA DEPRESSION DE MANIAN	193
g - LA CHAINE DE RAZAN	193
C - LES PRINCIPAUX TRAITS STRUCTURAUX	194
a - LES FAILLES	194
1 - Les failles longitudinales	194
1.1 - La faille d'Hassanabad	194
1.2 - La faille d'Avaj	196
2 - Les failles transversales	198
3 - Les failles chevauchantes	200
b - LES PLIS	200

D - TECTONIQUE RECENTE	204
E - ESSAI DE SYNTHESE INTERPRETATIVE	207

PLANCHES

BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES FIGURES

ANNEXE : carte géologique, carte tectonique (fig.42), carte structurale (fig.44)

AVANT - PROPOS

Ce mémoire a été réalisé grâce à l'aide financière et matérielle du Service Géologique d'Iran, et de l'Institut Géologique de Grenoble. Il fait l'objet d'une thèse de doctorat d'état qui a été préparée sous la direction de Monsieur J. DEBELMAS, professeur à l'Université Scientifique et Médicale de Grenoble. Les travaux de terrain ont été effectués de 1969 à 1973 et ont été complétés par des études de laboratoire à Grenoble pendant l'année scolaire 1974-1975.

Je remercie vivement Monsieur le Professeur J. DEBELMAS qui, après avoir visité ma région de travail, m'a accueilli à l'Institut Dolomieu, où il a mis à ma disposition tous les moyens matériels nécessaires à mon travail. Les conseils qu'il m'a prodigués sur le terrain comme au laboratoire, de même que les critiques qu'il a bien voulu apporter à mon manuscrit, m'ont été d'un très grand secours. Je lui suis également reconnaissant de m'avoir mis en relation avec les spécialistes français qui ont assuré la détermination de mes fossiles.

Ma reconnaissance va également à Monsieur Nasrolah KHADEM, Ingénieur Général des Mines, ancien Directeur du Service Géologique d'Iran, et au Directeur actuel, Monsieur Reza ASEFI, qui m'a permis d'entreprendre et de mener à bien ce travail.

J'exprime ma reconnaissance au Gouvernement Français, dont l'aide financière m'a permis de séjourner un an à Grenoble et d'y réaliser le présent travail, et au Gouvernement Iranien qui, à la suite d'un concours publique, m'a attribué la bourse mise à sa disposition par la France.

Je tiens à exprimer ma gratitude à Monsieur C. KERKHOVE qui, après avoir visité en 1970 mon territoire, m'a donné les conseils sur le terrain ainsi qu'au laboratoire à Grenoble, et a bien voulu siéger dans le jury.

J'exprime ma reconnaissance à Monsieur le Professeur R. MICHEL qui m'a fait profiter de son expérience dans le domaine pétrographique et qui m'a fait l'honneur de présider mon jury, et à Monsieur le Professeur P. VIALON, également membre du jury, pour ses précieux conseils concernant la microtectonique.

Monsieur le Professeur A. VATAN a bien voulu accepter de siéger à titre d'invité dans le jury de ma thèse : je l'en remercie vivement.

Je voudrais remercier Monsieur J. STOCKLIN qui m'a fait beaucoup profiter, durant tout le temps que j'ai passé auprès de lui, de sa grande connaissance de la géologie iranienne et de son immense expérience.

Je tiens également à exprimer nominativement ma gratitude à tous les spécialistes qui ont bien voulu examiner mes échantillons paléontologiques, ce qui m'a permis de dater de façon précise la majeure partie des formations de la région d'Avaj :

Mme ARNAUD : Orbitoline du Crétacé inférieur (Institut Dolomieu)

F. BOZORGNIA : Microfaunes du Permien (Sté Nationale Iranienne des Pétroles "N.I.O.C.")

A. BLONDEAU : Nummulites de l'Eocène (Université Paris V)

M. BEAUVAIS : Cyclolites du Crétacé supérieur (Université Paris V)

M. COLLIGNON : Ammonites du Trias supérieur

R. ENAY : Ammonites du Jurassique supérieur (Université Claude Bernard Lyon)
 F. GOLSHANI : Brachiopodes du Permien (Service Géologique d'Iran "G.S.I")
 R.L. LANGENHIEM : Brachiopodes du Carbonifère (Université d'Illinois U.S.A.)
 Mme F. LESSANI - Nummulites de l'Eocène (G.S.I.)
 M. MEHRNUSH : Orbitolina et microfaunes du Crétacé inférieur (G.S.I.)
 J. PHILIP : Hippurites et Radiolites du Crétacé supérieur (Université de
 Marseille, Saint Charles)
 M. PARTOAZAR : Microfaunes du Crétacé supérieur (G.S.I.)
 A.L. PALMER : Trilobites du Cambrien (Université d'État de New-York)
 Mme W. PETITBOIS : Pectens du Burdigalien (Collège de France, Lab. Paléo.)
 A. RAHAGHI : Microfaunes de l'Oligo-Miocène (N.I.O.C.)
 J. ROMAN : Oursins du Crétacé supérieur (Université Paris V)
 K. SEYED-EMAMI : Ammonites, Brachiopodes et Oursins du Jurassique et
 Crétacé (G.S.I. et Université de Téhéran)

Ma reconnaissance va aussi à Monsieur M. VOSSOUGH ABEDIN, Melle F. POURHOSEINI, Mme M. PAZIRANDEH, B. ARJANGRAVESH et M. BERBERIAN qui m'ont aidé pour la partie pétrographique ; ainsi qu'à MM. H. JAHANGARD, H. MAHDAVI, F. RAFIEE du laboratoire de chimie et M. SADRZADEH du laboratoire de rayons X de notre service géologique d'Iran.

J'ai également plaisir à remercier tous mes collègues de l'Institut Géologique d'Iran qui, par les discussions pleines d'intérêt qu'ils ont eues avec moi de 1969 à 1973, m'ont apporté une collaboration extrêmement fructueuse dans tous les domaines de la géologie.

Je remercie enfin, Mme L. BESSON pour son aide dans la correction du texte français de ce mémoire.

CHAPITRE I

INTRODUCTION

A - LES UNITES STRUCTURALES DE L'IRAN N.W.

La région étudiée appartient au secteur Nord-Ouest de l'Iran, où l'on distingue habituellement, à la suite de J. Stöcklin, les unités structurales suivantes (fig.1) décrites du NW au SE :

- La chaîne de l'Alborz, à individualité surtout morphologique, car ses faciès sont assez analogues à ceux de l'unité suivante.

- L'Iran Central, très effilé ici, mais plus largement dilaté vers l'E.

Ces deux premiers ensembles montrent une série stratigraphique de plate-forme d'évolution assez simple, qui se complique seulement à l'Eocène par suite d'un important volcanisme synsédimentaire. Au S.W de l'Iran Central, J.W.Shroeder (1944) a distingué une zone de fracture qu'il a appelée "cicatrice d'Ourmiah Dokhtar", mais que J. Stöcklin (1968) considère encore comme une partie de l'Iran Central. Elle est surtout remarquable par un important volcanisme tertiaire.

- La zone de Sanandaj - Sirjan, où se développe une série métamorphique assez monotone et épaisse, tout à fait différente des précédentes.

- La zone de chevauchement du Zagros, complexe, où se contracte un domaine paléogéographique peut-être hétérogène.

- La zone plissée du Zagros, qui comporte une série subsidente faite de plusieurs milliers de mètres de sédiments marins concordants, débutant au Trias supérieur, allant jusqu'au Néogène et reposant en concordance sur les sédiments de la plate-forme paléozoïque, qui débutent avec l'Infracambrien.

- La plaine du Shatt-e-el-Arab. Cette zone, située au Nord et au Nord-Ouest du Golfe Persique, n'est que le bord iranien de la plate-forme arabe faiblement pentée vers le Nord-Est. Elle supporte une couverture paléozoïque-mésozoïque-tertiaire, affectée par des plis tranquilles d'axe Nord-Sud, typiques de l'Arabie. Ils buttent brusquement dans la région d'Ahwaz contre les plis Nord-Ouest du Zagros sans pour cela que les faciès marins peu profonds à lagunaires, ne subissent de variation.

B - LES UNITES STRUCTURALES DE LA REGION ETUDIEE

La région d'Avaj se place exactement à la limite de l'Iran Central et de la Zone de Sanandaj - Sirjan. Elle correspond donc à deux domaines paléogéographiques différents :

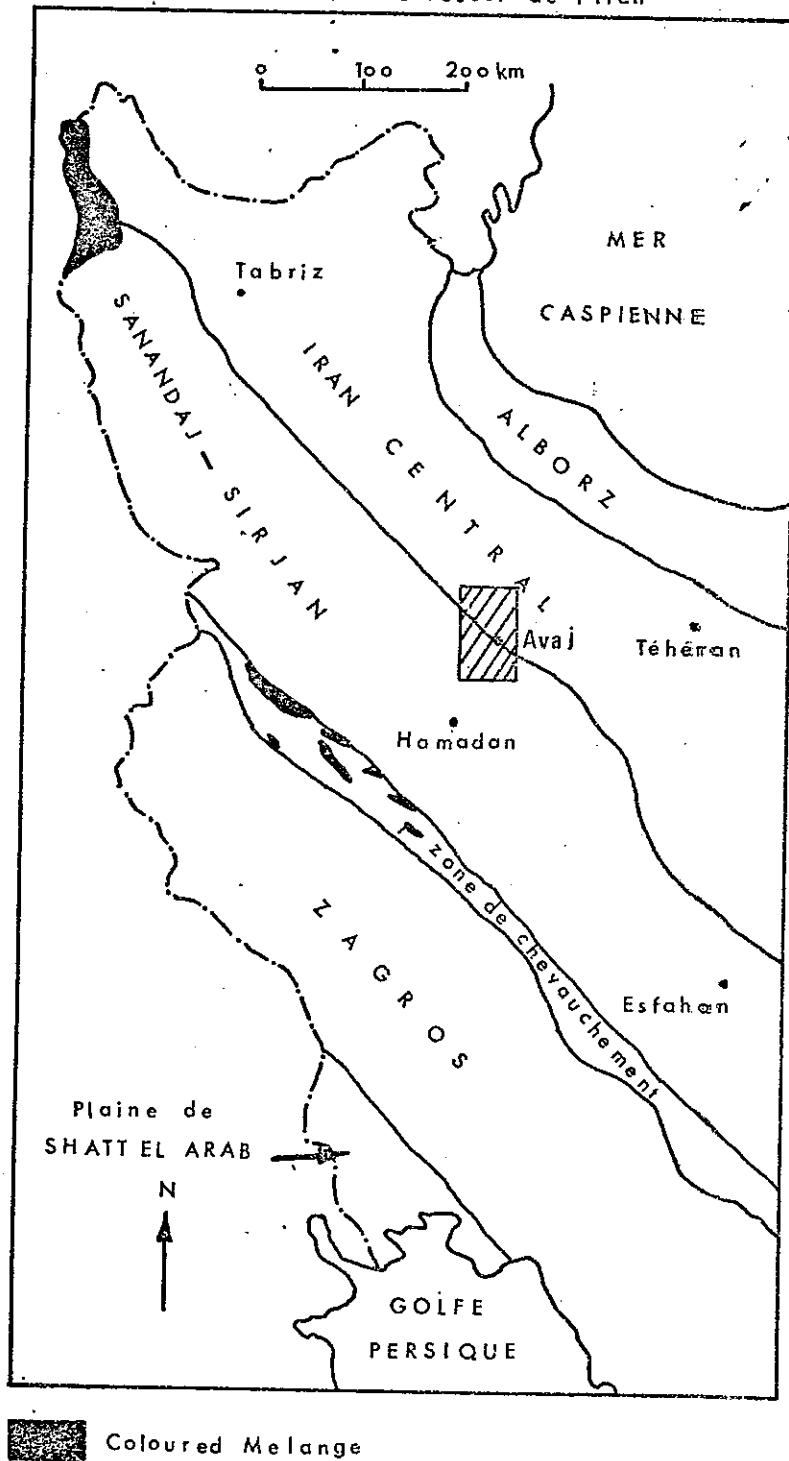
- Au Nord, "la zone d'Ab-e-Garm", qui se rattache à l'Iran Central

- Au Sud, "la zone de Razan", qui fait partie de la zone Sanandaj - Sirjan ou mieux, de la fraction occidentale de celle-ci.

La limite entre ces deux domaines correspond à un accident structural que nous appelons "faille d'Avaj" (fig.2) qui coupe le territoire étudié avec une direction SE -NW. Cet accident conditionne toute la géologie de la région, aussi bien du point de vue des faciès du Secondaire et du Tertiaire inférieur que du magmatisme.

La zone d'Ab-e-Garm elle-même se divise en deux sous-zones séparées par un

Fig.1— Unités structurales de l'Ouest de l'Iran



accident semblable à la faille d'Avaj mais moins important, la faille d'Hassanabad (fig.2) ; au Nord : la première sous-zone est la continuation de la chaîne de Sol-tanieh (région de Zanzan) ; au Sud : la deuxième sous-zone, par contre, se limite géographiquement au secteur étudié, c'est la chaîne d'Ab-e-Garm proprement dite. La première ne se distingue de la seconde que par quelques détails stratigraphiques, notamment des lacunes de certains termes du Paléozoïque et du Trias.

Dans la zone d'Ab-e-Garm, les assises les plus anciennes appartiennent à la partie supérieure du Précambrien. Elles sont suivies en faible discordance par les dépôts continentaux de l'Infracambrien. Ces derniers passent en continuité à une série gréseuse et dolomitique du Cambrien. L'Ordovicien, le Silurien, le Dévonien, une partie du Permien (la partie supérieure de la formation de Ruteh et la formation de Nesen) et le Trias manquent dans la sous-zone nord ; par contre la sous-zone sud, dans laquelle manquent également l'Ordovicien, le Silurien et le Dévonien, montre une série allant du Carbonifère inférieur au Trias moyen : il y a cependant lacune du Carbonifère moyen et supérieur ainsi que des interruptions de sédimentation à l'intérieur du Permien et à la base du Trias. Les assises continentales du Rhétien-Lias sont en discordance sur le Trias moyen et elles passent progressivement à une série de calcaires marneux et de marnes d'eau peu profonde, au cours du Jurassique. Cette série se termine au Jurassique supérieur par des dépôts évaporitiques. Le Barrémien et l'Aptien, représentés par des conglomérats, des calcaires à Orbitolines et des volcanites, sont transgressifs sur le Jurassique supérieur. Directement au-dessus, viennent les dépôts du Cénomanién au Maëstrichtien. L'Eocène, composé de conglomérats, de calcaires à Nummulites, de tufs et de volcanites, repose en discordance angulaire sur les formations plus anciennes. L'Oligo-Miocène à son tour est discordant sur l'Eocène.

Dans la zone de Razan, aucune formation inférieure au Trias moyen n'affleure. Les schistes, faiblement métamorphiques, du Trias supérieur-Jurassique sont recouverts en discordance par le Crétacé (Aptien-Albien). Le Crétacé supérieur n'est pas représenté ici et le Tertiaire est identique à celui de la zone précédente.

C - CARACTERES DE LA ZONE DE L'IRAN CENTRAL

Rappelons qu'elle est limitée au SW par la zone de Sanandaj - Sirjan, au N par la chaîne de l'Alborz et à l'E, mais très en dehors de notre région d'étude, par le bloc du Lut.

Caractère géologique de la zone

Les terrains les plus anciens qui y affleurent sont d'âge précambrien. Ce sont des gneiss, des micaschistes, des amphibolites et des marbres. Toutefois, la partie supérieure est plus schisteuse et moins métamorphique (formation de Kahar). Localement, elle peut montrer un granite intrusif (granite de Doran). Dans la région de Takab et Mahabad, une séquence de roches rhyolitiques et de tufs se place entre la formation de Kahar et l'Infracambrien : on peut y voir un équivalent ou une différenciation du granite de Doran.

Au-dessus, mais sans discordance angulaire bien nette, vient l'Infracambrien (dolomies, schistes et grès) puis les terrains cambriens et ordoviciens qui traduisent par leurs faciès épicontinentaux, un régime de plate-forme faiblement immergée.

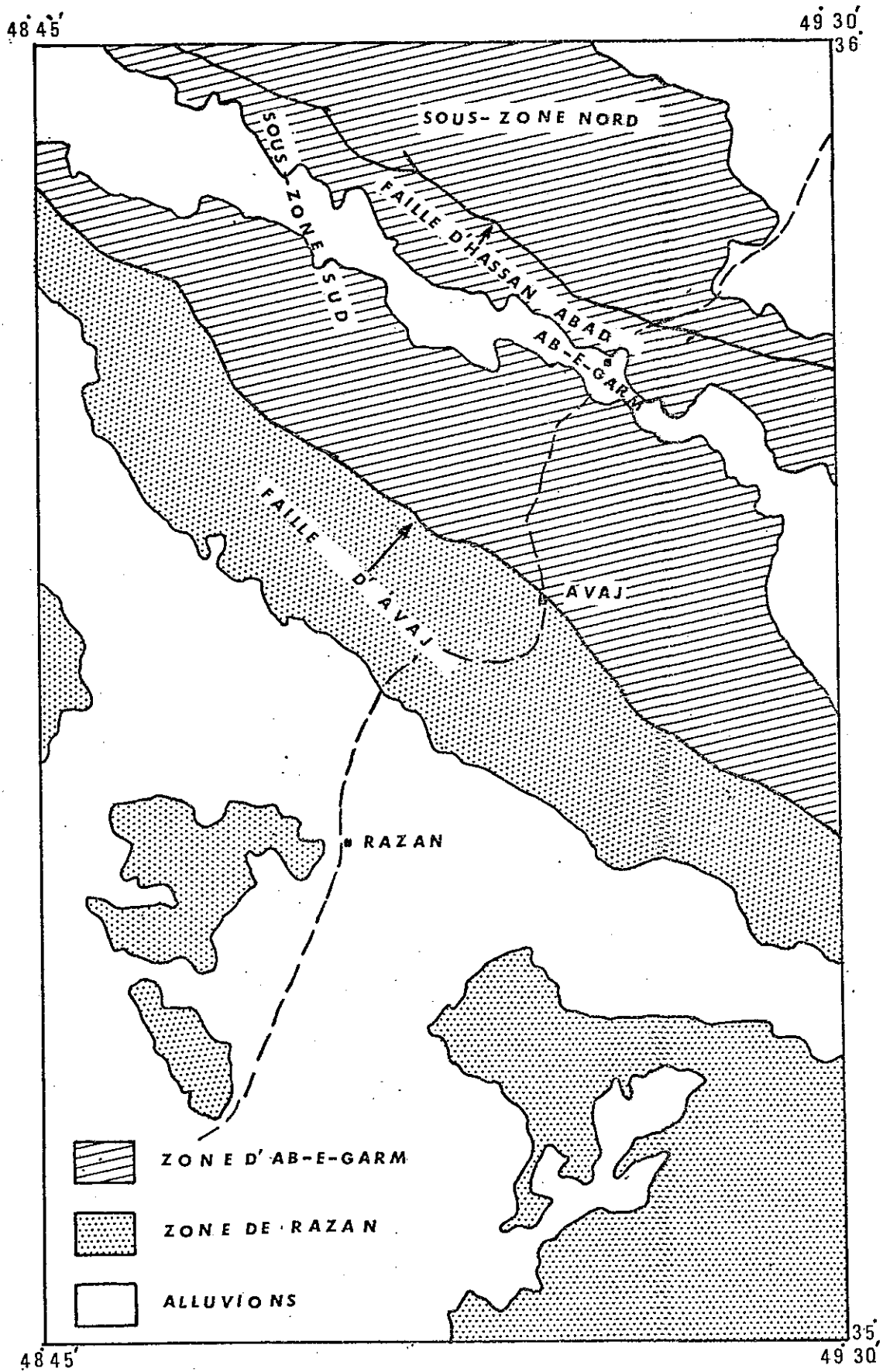


Fig:2-Montrant les différentes zones de la région d'Avaj. Echelle 1:500 000

Le Cambrien et l'Ordovicien manquent vers le NW et les roches précambriennes sont directement recouvertes par les sédiments dévoniens (N. de Maku : Bolourchi 1969 et Alavi, Bolourchi 1973) et permien (W de Rezayeh : Haghipour 1971). Cette lacune du Paléozoïque inférieur traduit l'existence de reliefs peut-être hérités d'une orogénèse assyntique.

Le Dévonien est connu seulement dans la région de Maku. Le Carbonifère inférieur a été observé dans la région d'Avaj et plus au NW, mais le Carbonifère supérieur manque.

Le Permien se compose de grès à la base, puis de calcaires et affleure partout sauf disparition tectonique. Il recouvre toutes les anciennes formations, y compris le Précambrien sur lequel il repose avec une discordance angulaire (W de Rezayeh). On connaît aussi une faible discordance (10° environ) entre le Permien et l'Ordovicien dans la région de Takab ; mais en général, les contacts avec les terrains paléozoïques sont concordants.

Le Trias succède en général au Permien sans lacune sédimentaire (coupe célèbre de Julfa au NW de la zone).

Les premiers mouvements du cycle alpin surviennent à la fin du Trias moyen ; ils ne s'accompagnent pas de plissements mais provoquent seulement des émergences et des érosions locales. Le Rhétien et le Lias sont faits de couches continentales recouvrant une région à relief marqué. La sédimentation continentale est interrompue par une incursion marine du Bajocien mais paraît continuer au Jurassique supérieur bien que les sédiments de cet âge manquent à l'affleurement dans le N et l'W de la zone de l'Iran Central.

Une phase "néocimmérienne" se place à la fin du Jurassique et au début du Crétacé inférieur car la sédimentation ne reprend qu'au Barrémien et à l'Aptien, avec des calcaires et des marnes, parfois discordants, associés à des produits volcaniques assez épais. Les dépôts sont interrompus par un hiatus net à la base du Cénomanién. Un faciès de type flysch, avec quelques produits volcaniques, apparaît au Crétacé supérieur dans la région de Tabriz, au SW de la chaîne de Soltanieh (Zanjan), au Sud du lac Rezayeh et à la frontière de la Turquie (W de Khoi).

Il se produit alors une phase tectonique accompagnée d'un véritable plissement, si bien que l'Eocène recouvre les formations plus anciennes, en discordance angulaire très nette. Cet Eocène montre un fort volcanisme synsédimentaire, de nature andésitique. Mais celui-ci disparaît rapidement à l'W de la ligne Ordubad (U.R.S.S.). Tabriz - Maragheh.

De nouveaux mouvements post-éocènes font que les sédiments de l'Oligocène supérieur (continentaux à évaporitiques) et du Miocène inférieur (marins) recouvrent les formations sous-jacentes en discordance angulaire. Elles sont bien représentées dans la région d'Avaj et deviennent moins importantes à l'Est de Takab. Elles sont accompagnées d'émissions volcaniques. Le Miocène supérieur, continental à lagunaire, suit en concordance.

Le Pliocène et le Pleistocène sont des formations alluviales rouges ou lacustres, associées à de nouvelles éruptions volcaniques (centres éruptifs du Sahand et du Sabalan). Une dernière phase de plissements intervient à la fin du Pliocène.

Au point de vue structural, on peut distinguer des noyaux anciens, à coeur précambrien ou paléozoïque, recouverts par des séries mésozoïques ou tertiaires peu épaisses. Ces noyaux anciens sont séparés par des sillons où les sédiments, principalement crétacés et paléocènes, sont beaucoup plus épais. Un exemple typique de ces noyaux est celui de Soltanieh (dans la région de Zanjan) le plus important de tous

et probablement encore actif, d'un point de vue sismique.

Vers l'W vient le large bouclier de Takab, avec sa couverture faite d'une série mésozoïque et tertiaire, fortement lacunaire et faiblement plissée. Cette zone positive a été individualisée par les mouvements du Trias supérieur.

Elle disparaît vers le Nord sous l'immense plateau volcanique du Sahand et sous les formations récentes du lac de Rezayeh, mais réapparaît à l'W et au N du lac, sous forme d'un chaînon disloqué. Celui-ci continue vers le N dans la zone Arax-Arménie du Petit Caucase, où l'on retrouve son noyau de terrains anciens (Darat Agor), sa couverture très réduite et peu tectonisée au milieu de plateaux volcaniques récents.

Tout cet axe positif est limité vers l'W par une zone subsidente caractérisée par un flysch crétacé supérieur épais et des associations radiolarites-ophiolites. Cette zone subsidente continue vers le NW en Anatolie.

D - CARACTERES DE LA ZONE DE SANANDAJ - SIRJAN

Historique et définition

Elle succède, vers le SW, à la zone de l'Iran Central et s'allonge parallèlement à la zone plissée du Zagros, de Rezayeh et Sanandaj au NW jusqu'à Sirjan et Hajiabad au SE. Elle rejoint le Taurus en Turquie. Elle est séparée du Zagros par la classique zone de chevauchement du même nom.

Les auteurs ont décrit cette zone sous des noms différents. Par exemple, Pilgrim (1908) la dénomme série de Hatat en la comparant au complexe métamorphique de Siah Hatat (Oman). Grégory (structure of Asia, 1929) la désigne sous le nom de "métamorphic paléozoic nappe group". Pour Schroeder (1944) c'est la "zone de Hamadan". J. Stöcklin (1968), le premier, utilise le nom de "zone de Sanandaj - Sirjan" que nous reprendrons ici. Mais peu après, Takin (1972) a proposé "zone de Rezayeh - Esfandageh". Cet auteur propose aussi de considérer que les roches métamorphiques et les granites que l'on y observe, représentent les traces d'un système d'arc insulaire de l'ancienne Tethys.

Caractère géologique de la zone

Selon Stöcklin (1968) cette zone est géologiquement identique à celle de l'Iran Central et Septentrional et appartient à une plate-forme unique dite "Irano-arabique". En effet, le régime sédimentaire et le cadre structural seraient les mêmes qu'en Iran Central. Toutes les discordances mésozoïques et tertiaires se rencontreraient dans les deux domaines.

Selon le même auteur, il y a cependant plusieurs différences géologiques entre la zone de Sanandaj - Sirjan et l'Iran Central :

- il n'y a pas de volcanisme tertiaire dans la première, du moins en principe car il en existe dans la région d'Avaj et dans la région d'Esfandageh (M. Sabzehei 1974),
- les formations tertiaires y sont très rares,
- les mouvements paléozoïques (antépermien) y sont plus fréquents et se distinguent par plusieurs discordances locales,

- la direction générale des chaînes de montagnes y est toujours parallèle à la direction de la "Main Thrust" (NW-SE), ce qui peut suggérer une liaison structurale.

Selon Stöcklin, cette zone de Sanandaj - Sirjan représenterait le prolongement en Iran du massif turc de Bithis. Les études récentes de Sabzehei (1970-1972-1974-1974a), Sabzehei et al (1970), Houchmandzadeh et al (1972), Berberian et al (1971), Berthier et al (1974), Braud et al (1973) et Vialon et al (1972) montrent bien que si cette zone de Sanandaj - Sirjan n'offre pas en effet de grandes différences géologiques par rapport à l'Iran Central et Septentrional, elle s'en distingue cependant par quelques caractères, que j'ai été amené à confirmer et que je vais maintenant préciser.

La critique essentielle porte sur la notion de plate-forme Arabo-Iranienne dont la zone de Sanandaj - Sirjan serait un fragment. Commençons par le Précambrien qui, d'après les auteurs précédents, formerait l'ossature de cette plate-forme (voir Thiele 1966-1968 et Haghipour, 1971). Or dans la région de Golpaigan, on a récemment découvert les restes de brachiopodes et d'autres formes dans des marbres associés aux amphibolites (Haghipour comm. pers.), si bien que ce métamorphisme et les déformations connexes y sont attribués avec raison à la phase paléocimmérienne. Seule la région de Rezayeh montre des gneiss et des amphibolites qui sont peut-être du Précambrien mais là encore, les preuves sont insuffisantes pour qu'on puisse parler d'un socle Précambrien. Dans l'état actuel de nos connaissances, l'existence du Précambrien dans cette zone est très peu probable, voire improbable.

Passons maintenant au Paléozoïque. On parle d'une plate-forme sous-marine paléozoïque dans cette zone et d'un régime sédimentaire de type épicontinental alors que les études récentes de Mossayeb Sabzehei sur un secteur étendu de 600 km, allant de la région d'Abadeh, jusqu'au Jaz Maurian, montrent bien que durant la période Infracambrien - Trias moyen, il s'est déposé une série détritique très épaisse de grauwaque, schistes et grès, en même temps que se développait un important volcanisme basaltique de type tholéitique de l'Infracambrien jusqu'au Permien supérieur. Ce régime contraste avec celui d'une sédimentation carbonatée calme de véritable plate-forme. On a donc bien affaire à un rift ou un ensemble de rifts intracontinentaux, développés après le Précambrien, et dont la direction est celle de la "Main Thrust". Les matériaux accumulés dans ce ou ces rifts ont d'abord subi un métamorphisme statique puis ont été plissés et à nouveau métamorphisés lors de la phase paléocimmérienne (voir Sabzehei, 1974-1974a).

Ainsi, les roches métamorphiques qui affleurent depuis Abadeh jusqu'au Jaz Maurian ne sont pas Précambriennes comme on le croyait auparavant. Par ailleurs les discordances locales observées dans cette zone durant le Paléozoïque n'ont aucune valeur orogénique et représentent seulement la manifestation de surrections locales de horsts, peut-être en relation isostatique avec les effondrements des rifts.

Tout ceci souligne l'importance des mouvements de distension durant le Paléozoïque et le Trias moyen jusqu'aux mouvements de compression tarditriasiques, qui mettront en place le schéma structural du Mésozoïque et du Tertiaire.

Juste après les mouvements de compression paléocimmériens et même durant cette phase, la zone a été le siège d'un très important volcanisme basaltique et de la mise en place de roches cristallines allant des dunités jusqu'aux granites (Sabzehei, 1974-1974a). L'exemple en est les régions d'Esfandagheh, de Sirjan, de Dehsard, etc. Cette activité s'achève avant le Jurassique inférieur.

Pour Sabzehei, cette activité annonce une nouvelle phase d'extension, donc la naissance d'un nouveau système de rifts qui recevront des sédiments détritiques depuis le Jurassique inférieur jusqu'au Crétacé supérieur et même jusqu'à l'Eocène (Sabzehei, 1974, Ghorashi, comm. pers.). Dans ce ou ces rifts qui se créent par extension des blocs cratonisés au Trias supérieur, les séquences volcaniques et/ou sédimentaires

seront statiquement recristallisées et métamorphisées puis reprises par les mouvements orogéniques du Crétacé supérieur ou par ceux de l'Oligocène.

Parmi ces séquences déposées dans les rifts post-triasiques, les plus intéressantes, du point de vue paléogéographique, sont les "coloured melange" qui existent localement dans cette zone de Sanandaj - Sirjan (notamment à l'extrême pointe NW et à l'extrême SE). Ces "coloured melange" manquent sur le territoire étudié ici.

Aucun mouvement orogénique important n'a pu être décelé entre le Jurassique inférieur et supérieur sauf, par endroits, une légère discordance entre le flysch du Jurassique moyen et inférieur, et les calcaires à Calpionelles. Des mouvements néocimmériens ont été observés en différents endroits, matérialisés par la discordance de l'Albien sur les formations du Jurassique supérieur (Berthier et al 1974). Ces mouvements ont produit souvent un léger métamorphisme régional, par exemple dans la région de Borudjerd.

Des phénomènes de métamorphisme, de granitisations et de déformations sont signalés au Crétacé supérieur - Paléocène (phase Laramienne) entre Hamadan et Borudjerd par M. Berbérien (1973) et Berthier et al (1974). Cette phase est certainement très importante dans le secteur septentrional de la zone de Sanandaj - Sirjan alors que, dans le secteur méridional, on n'a pas pu jusqu'à maintenant les mettre en évidence.

L'histoire tertiaire de cette zone n'est pas très claire en raison de la rareté des formations correspondantes. On a pu mettre en évidence la discordance de l'Eocène inférieur sur les assises plus anciennes, puis une période calme allant de l'Eocène à l'Oligocène. Cependant, par endroits, des intrusions gabbroïques pénètrent les flyschs éocènes à oligocènes (Braud et al 1973). A l'Aquitaniien se dessine localement une vaste transgression marine tandis qu'ailleurs les dépôts de flysch se poursuivent jusqu'au Miocène (partie ouest de la zone). Les sédiments marins de l'Oligo-Miocène sont à leur tour traversés par des intrusions dioritiques dans la région d'Avaj. L'orogénie plio-pleistocène reprend le tout.

En résumé, les caractères géodynamiques essentiels de cette zone sont les suivants :

- mouvements antépermien plus prononcés que dans la zone de l'Iran Central.
- métamorphisme paléocimmérien
- intrusion de granitoïdes au Jurassique supérieur et au Tertiaire
- métamorphisme laramien
- présence d'un flysch, crétacé, éocène et miocène, surtout développé dans la région de Sanandaj et de Shiraz.
- peu de volcanisme tertiaire et plio-pleistocène.
- formations tertiaires généralement peu importantes

On voit donc que ce qui caractérise essentiellement la zone de Sanandaj - Sirjan est le contrôle des différents événements géologiques (sédimentation, plissement, métamorphisme, volcanisme, magmatisme) par le jeu réciproque de blocs cratonisés et des rifts subsidents associés. Les structures sont parallèles à la dislocation majeure du Zagros devenue ultérieurement la "Main Thrust" et doivent donc relever du même mécanisme. Cette zone de Sanandaj - Sirjan est en somme la bordure SW de la plate forme de l'Iran Central fragilisée par l'approche de l'ancien domaine probablement océanique du Zagros Nord, c'est-à-dire une "marge continentale" caractérisée par son cortège de phénomènes distensifs, par une croûte probablement amincie et de ce fait plus perméable aux actions métamorphiques et volcaniques.

E - HISTORIQUE DES ETUDES

Avant 1969, la région d'Avaj n'a fait l'objet que de quelques études isolées ou de travaux de grande reconnaissance.

A.F. Stahl (1911) et J.W. Gregory (1929), ont fait les premières reconnaissances le long de la route entre Qazvin et Hamadan, et distingué les sédiments du Mésozoïque et du Tertiaire.

En février 1952, Frei distingue, entre Jafarabad et Ab-e-Garm (moins de 100 km²) le Jurassique et le Crétacé. Il observe également, le premier, les discordances successives de l'Eocène et de l'Oligo-Miocène. En Avril 1952, il fait une autre tournée de reconnaissance le long de la route principale entre Qazvin et Kermanshah par Hamadan.

En 1953, H. Huber étudie les roches volcaniques et les tufs de l'Eocène de la région de Qareh - Chay (entre Saveh et Hamadan) et décrit les sédiments de l'Oligo-Miocène qui se trouvent presque tous hors de la limite de la région d'Avaj.

En 1955 paraît le mémoire de A. Gansser qui indique la présence de Jurassique fossilifère épimétamorphique entre Qazvin et Avaj. Cet auteur reconnaît la discordance régionale des calcaires à Orbitolines et Rudistes du Crétacé sur le Jurassique. Il précise aussi que ces calcaires peuvent localement être métamorphisés. Il décrit encore la discordance de l'Eocène, assez épais (3 000 m de roches volcaniques et de tufs, à 100 km N.NE de Hamadan) sur les formations plus anciennes. Il observe le passage vertical entre l'Oligocène lagunaire et continental (avec gypse et sel) et les calcaires de l'Oligo-Miocène marin. Ceux-ci passent à leur tour à la "Formation Rouge Supérieure", à nouveau continentale.

En 1963, G. Mohajer et G.R. Pierre sont envoyés en mission à l'occasion du séisme qui s'est produit l'année précédente à l'Est de la route entre Qazvin et Hamadan. Leur rapport ne fait que reprendre celui de M. Soder (1959). Ce dernier pensait pouvoir diviser la série des schistes métamorphiques en deux ensembles, l'un Précambrien, l'autre Liasique.

En 1966, Sayah a fait une étude électro-sismique entre Avaj et Hamadan. Cette étude visait surtout à déterminer les nappes aquifères dans les alluvions quaternaires.

Si l'on résume ce qui précède, on constate donc qu'en dehors des abords immédiats de la route d'Hamadan, la région d'Avaj est encore à peu près inconnue en 1969.

F - PRINCIPAUX RESULTATS DE CETTE ETUDE

En dehors du déchiffrement des séries stratigraphiques jusqu'alors mal connues, j'ai pu mettre en évidence * :

- l'existence d'un socle précambrien prolongeant celui de la chaîne de Soltanieh.

* au terme de cinq années de travail et de l'examen d'une surface d'environ 7 480 km².

- l'existence d'une bande de terrains métamorphiques allant du Trias supérieur au Crétacé, située au Sud de l'agglomération d'Avaj (zone de Razan) - alors que la même série n'est pas transformée au Nord de cette ville, dans la zone d'Ab-e-Garm.
- l'existence d'une cicatrice de roches volcaniques coïncidant plus ou moins avec la limite des deux zones précédentes.
- le rôle paléogéographique d'un accident que j'ai appelé faille d'Avaj.

Ce sont là les différents points qui commandent la géologie de ce secteur et que nous allons détailler dans ce qui suit. Nous terminerons sur des conclusions plus générales faisant intervenir les unités structurales situées au SW de cette région et qui feront ressortir l'intérêt de cette "marge continentale" dont l'évolution peut maintenant être bien précisée depuis l'Infracambrien, ce qui est exceptionnel.

G - APERCU GEOGRAPHIQUE DE LA REGION D'AVAJ

La région d'Avaj, dont les coordonnées sont 48°45' - 49°30' E (longitude) et 35° - 36° N (latitude) se situe dans le secteur nord-ouest de l'Iran Central (fig.3). Elle correspond à un massif montagneux d'une superficie de 7 480 km² qui culmine à 2 898m. Cette région se compose de nombreuses chaînes parallèles de direction générale NW-SE.

a - LES CHAINES PRINCIPALES. Du Nord au Sud on rencontre (fig.4)

1 - La chaîne d'Ab-e-Garm :

Cette chaîne qui se situe au N du village d'Ab-e-Garm est la continuation des montagnes de Soltanieh situées plus au NW. Elle a une direction générale NW-SE et montre une série stratigraphique complète, du Précambrien au Tertiaire. Son altitude se maintient presque toujours au-dessus de 2 200 m avec un point culminant à 2 450 m. Une dépression, d'altitude moyenne 1 550 m, la sépare de la chaîne de Tarom au Nord (voir fig.42).

2 - La chaîne d'Avaj septentrionale :

Elle est séparée de la précédente par un bassin quaternaire assez étroit, où affleurent essentiellement des sédiments de l'Oligo-Miocène, au sein desquels apparaissent quelques affleurements d'Eocène et de Mésozoïque. Le plus haut sommet de cette chaîne culmine à 2 875 m (Kuh *e-Aq Dagh).

3 - La chaîne d'Avaj Méridionale :

Cette chaîne est la plus haute montagne de notre domaine. Elle se situe presque au milieu de la région d'Avaj, et se compose principalement de roches méta-

* Kuh = montagne.

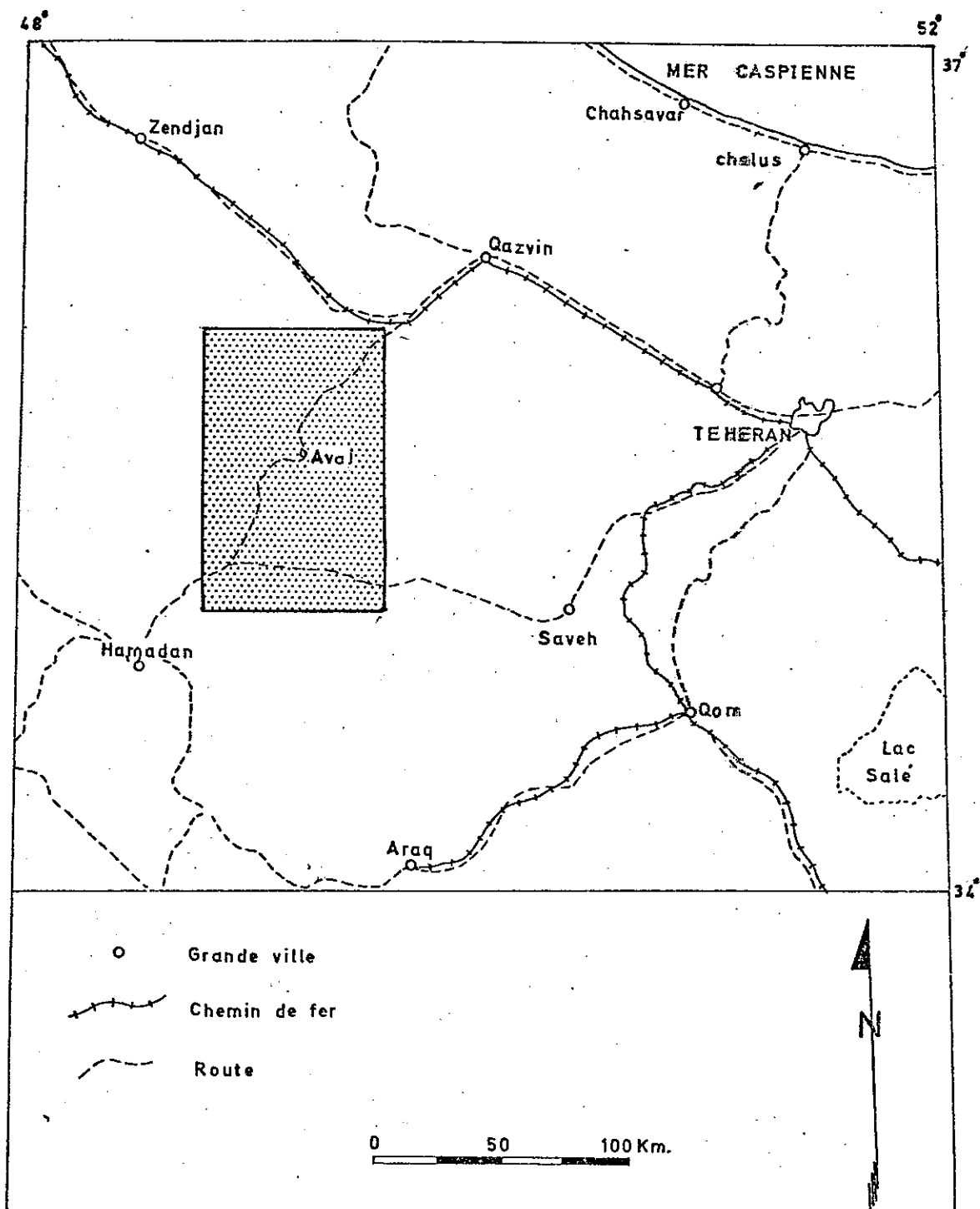


Fig: 3-Carte montrant la situation géographique de la region d'Avai

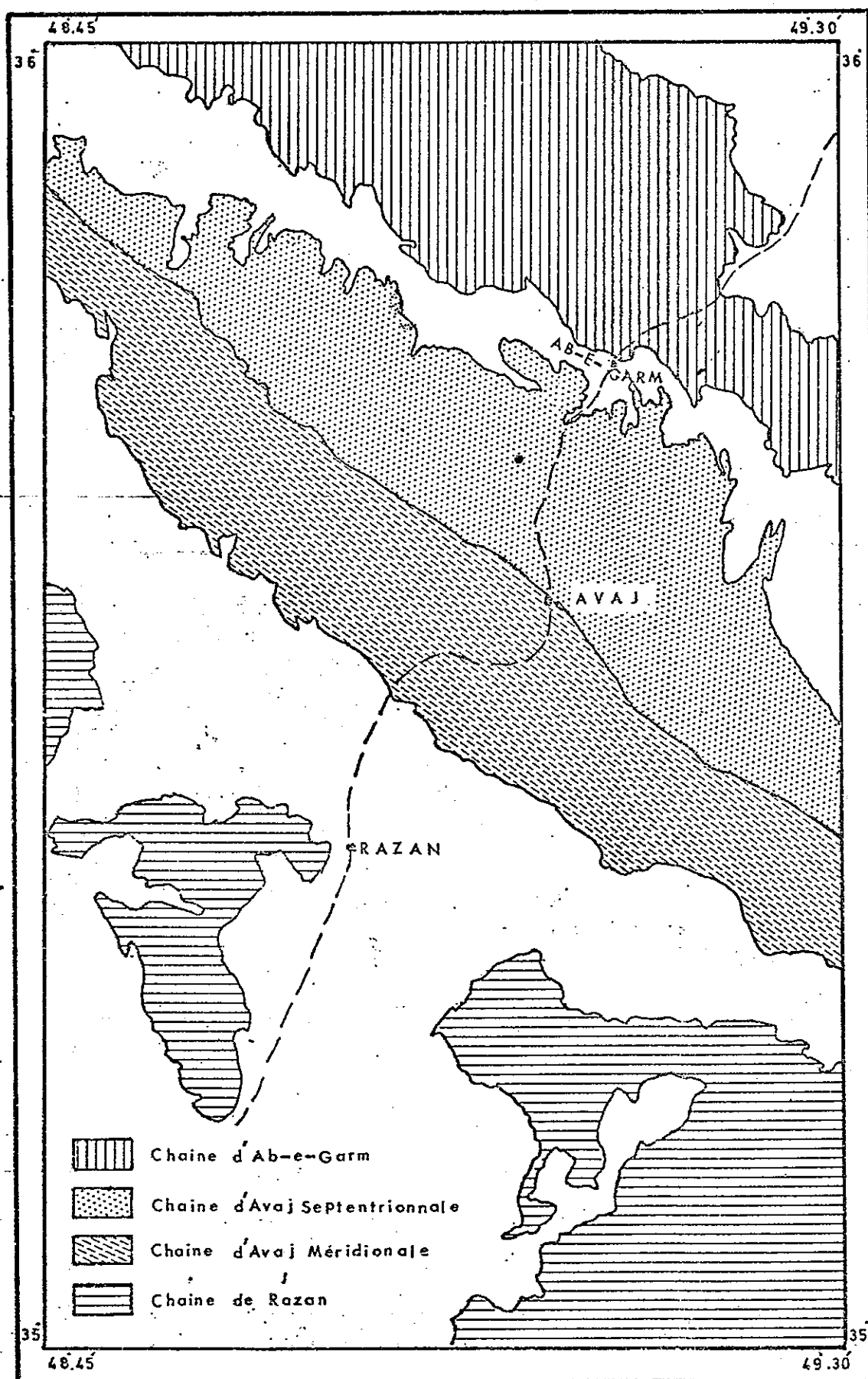


Fig:4-Montrant les différentes chaînes de la région d'Avaj. Echelle 1:500 000

morphiques d'âge Trias supérieur - Jurassique, de volcanites, de tufs et de dépôts marins tertiaires. L'altitude de cette chaîne se maintient presque toujours au-dessus de 2 600 m et atteint 2 898 m à son point culminant.

4 - La chaîne de Razan :

Elle est séparée de la précédente par une large dépression quaternaire et forme la bordure sud du territoire étudié. Ici cette chaîne se compose de sédiments du Trias supérieur - Jurassique et du Tertiaire, faiblement plissés. Son plus haut sommet culmine à 2 470 m.

b - VOIES D'ACCES ET ROUTES INTERIEURES.

Deux voies d'accès principales permettent d'aller de Téhéran à Avaj :

- la première est la route asphaltée de Téhéran - Avaj (245 km) via Qazvin - Takestan, puis celle d'Avaj - Hamadan (120 km). Cette route traverse la région étudiée du NE au SW sur une longueur de 160 km (fig.5).

- la deuxième est la route Téhéran - Saveh (125 km) qui rejoint la première au Sud du village de Razan.

La région d'Avaj est plus accessible par la première que par la deuxième, d'ailleurs cette dernière ne traverse qu'une petite partie du domaine étudié. Outre ces voies d'accès, il existe un réseau de petits chemins reliant les villages. Dans le Nord de la région d'Avaj, les chemins sont en général rares et en mauvais état. Ils sont meilleurs au Sud.

c - CLIMAT

La région d'Avaj, dont l'altitude moyenne est de 2 000 m, présente un climat de type continental. En été (Juin) la température absolue maximale est de 36° C et en hiver (Février) la température minimale est - 26° C (voir fig.6).

Les précipitations des cinq dernières années ont varié (1969-1973), avec un maximum annuel de 497 mm en 1972 et un minimum de 212 mm en 1973. La moyenne des précipitations annuelles est de 364 mm (fig.7). Les précipitations maximales mensuelles sont de 382 mm au mois de Mars ; les minimales sont celles du mois de Septembre où il ne pleut pas du tout (fig.7).

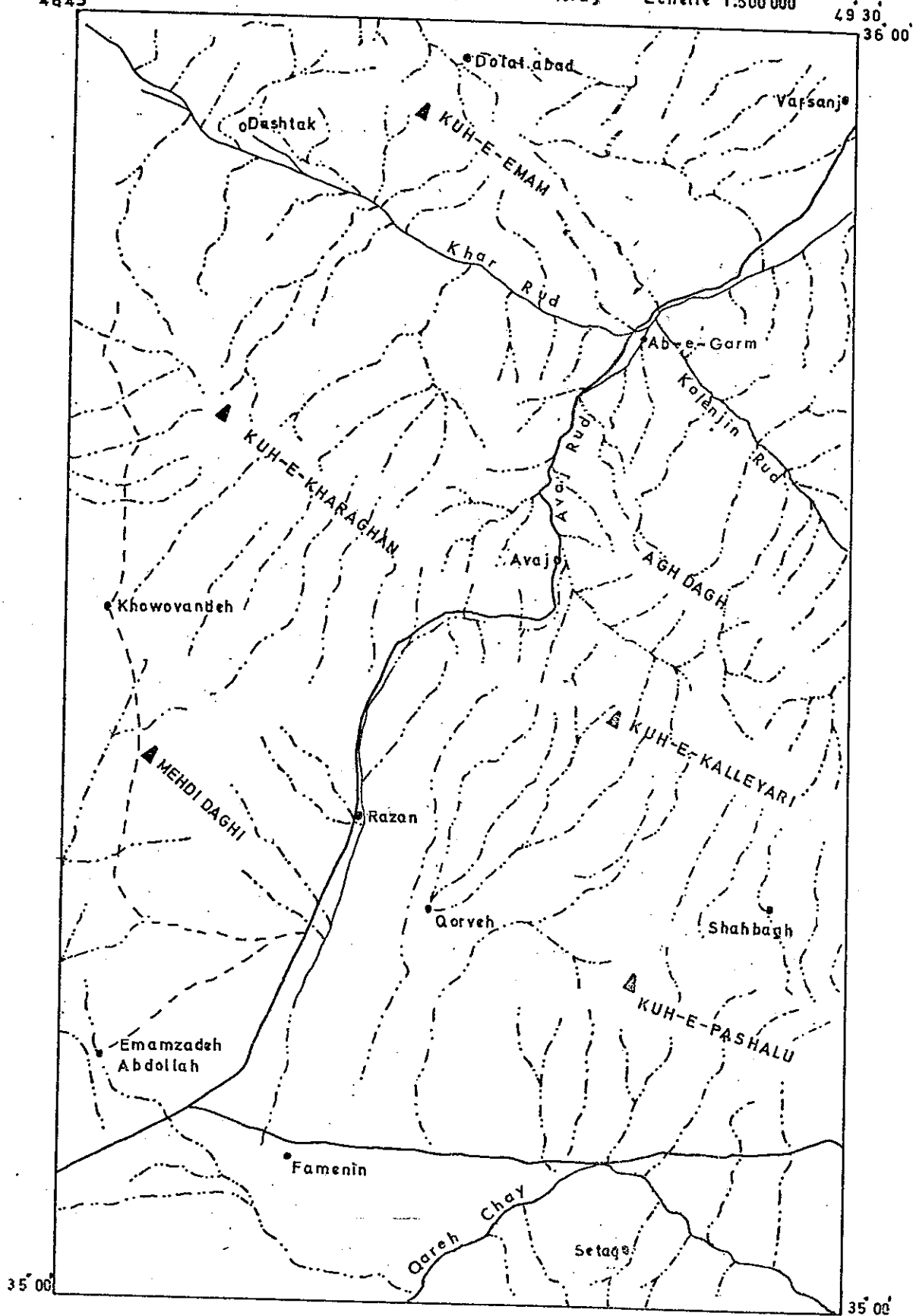
La température descend en-dessous de zéro en hiver, surtout en Janvier, mais jamais entre Mai et Octobre (fig.7a).

Ces conditions climatiques interdisent tout travail géologique de la fin Octobre à la fin Avril.

d - POPULATION, VEGETATION ET RESSOURCES

Les villages les plus peuplés se situent sur les plaines qui s'étendent au Sud de la région étudiée.

Fig.5-Carte géographique de la région d'Avaj Echelle 1:500 000



▲ Sommet des montagnes

• Villages

— Route asphaltée

- - - Route non asphaltée

La nomenclature géologique utilisée dans ce mémoire est basée sur les noms de trois villages qui se situent le long de la route asphaltée de Téhéran - Hamadan :

- Ab-e-Garm, au Nord, avec 410 habitants, dont les eaux thermales attirent toujours des voyageurs en été.
- Avaj, au milieu, le plus peuplé, avec 1 964 habitants
- Razan au Sud avec 1 860 habitants.

Ces chiffres sont ceux de l'année 1966. Les villages, assez dispersés, sont généralement établis au voisinage des sources qui sont normalement liées à des accidents tectoniques. Dans la plaine, au Sud de la région d'Avaj, où il n'y a pas assez de sources naturelles, l'eau est collectée par un système de galeries souterraines creusées à la main, les "Qanats" qui créent des sources artificielles aux bords desquelles s'établissent, en fonction des débits obtenus, des villages plus ou moins peuplés. Récemment, des puits ont été creusés dans les alluvions et les terrasses quaternaires.

L'activité et les ressources sont essentiellement agricoles.

Les animaux domestiques sont des moutons, chèvres, vaches, ânes, chevaux et de temps en temps, des chameaux. Les animaux sauvages les plus intéressants sont des loups et des gazelles.

La culture est celle du blé, de l'orge, du raisin, etc ... La végétation naturelle est de type aride avec des buissons clairsemés dont la taille est de 20 - 50 cm et rarement jusqu'à 150 cm.

Données climatologiques de la region d'Avaj

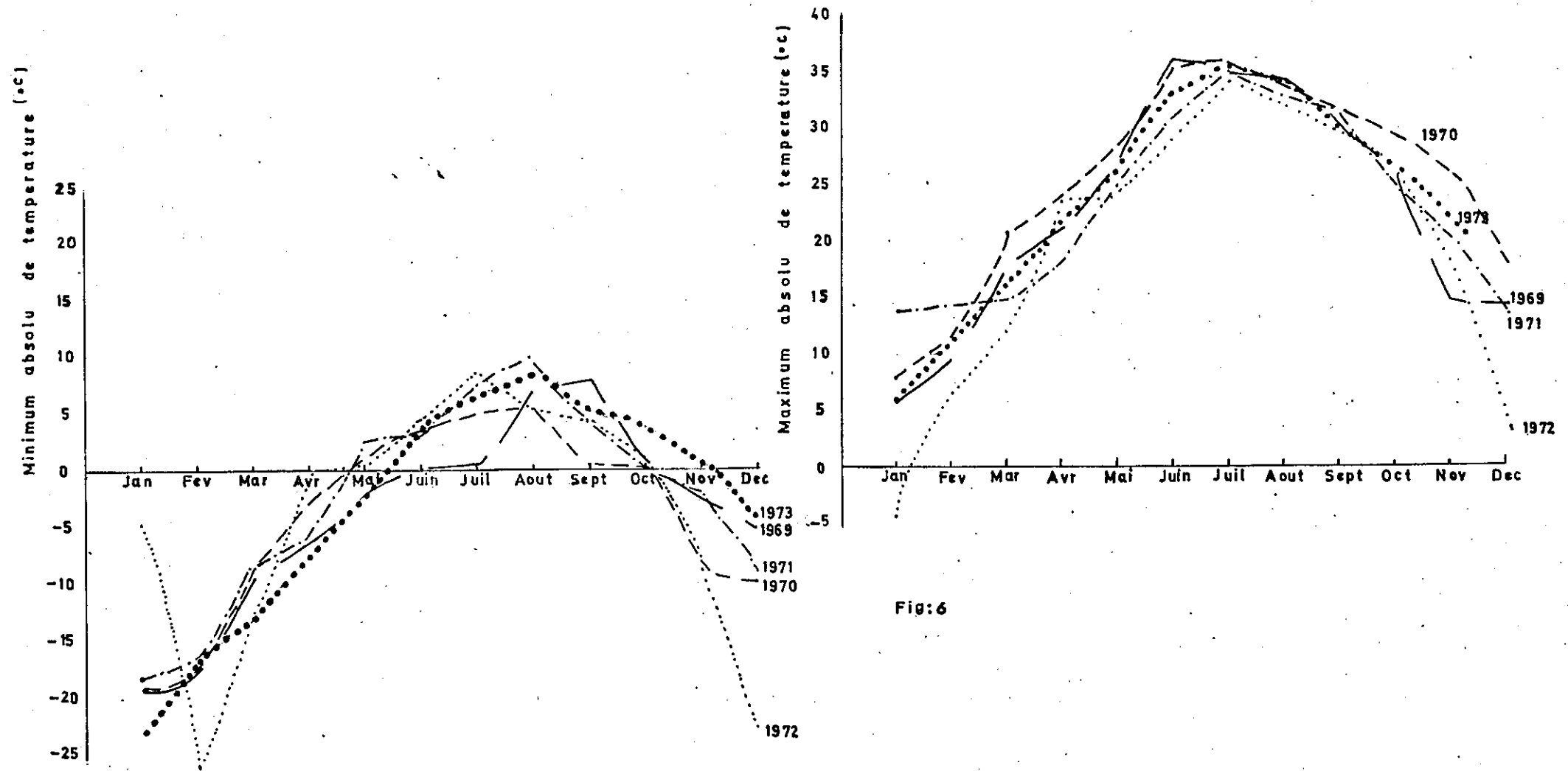


Fig:6

Données climatologiques de la région d'Avaj

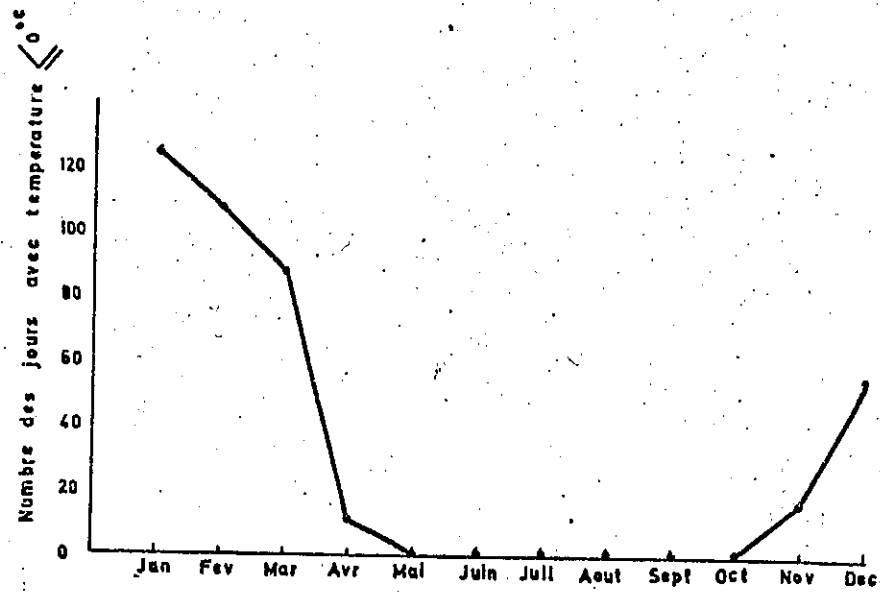


Fig:7a

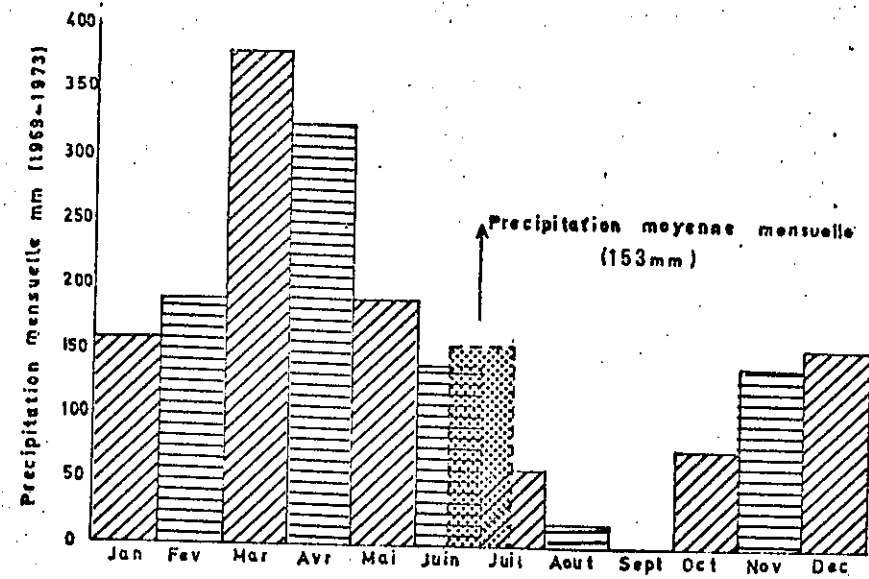


Fig:7

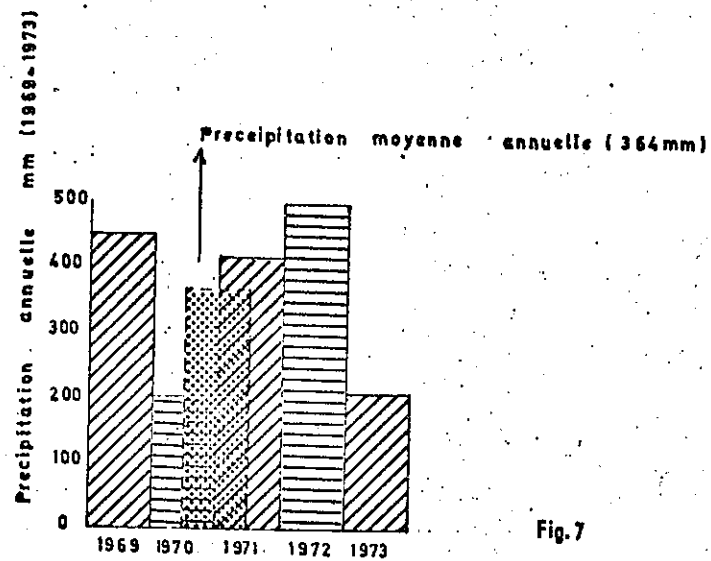


Fig.7

CHAPITRE II

STRATIGRAPHIE

INTRODUCTION

La région d'Avaj qui a fait l'objet de notre étude se place exactement à la limite de l'Iran Central et la zone de Sanandaj - Sirjan. En réalité elle correspond à deux domaines paléogéographiques : au Nord "la zone d'Ab-e-Garm" qui se rattache à l'Iran Central ; au Sud "la zone de Razan" qui fait partie de la zone Sanandaj-Sirjan ou mieux, de la fraction occidentale de celle-ci. La limite entre ces deux domaines correspond à un accident structural que nous appellerons "faille d'Avaj" (voir fig.2) et qui coupe le territoire étudié du SE au NW. L'étude des formations secondaires et tertiaires inférieures représentées dans les deux domaines qu'elle sépare, montre qu'il s'agit en réalité d'un accident ancien qui, du Trias supérieur à l'Eocène, a servi de limite aux domaines de l'Iran Central et à la zone Sanandaj - Sirjan et qui dans la région d'Avaj a déterminé durant cette période, la répartition des faciès (voir fig.8).

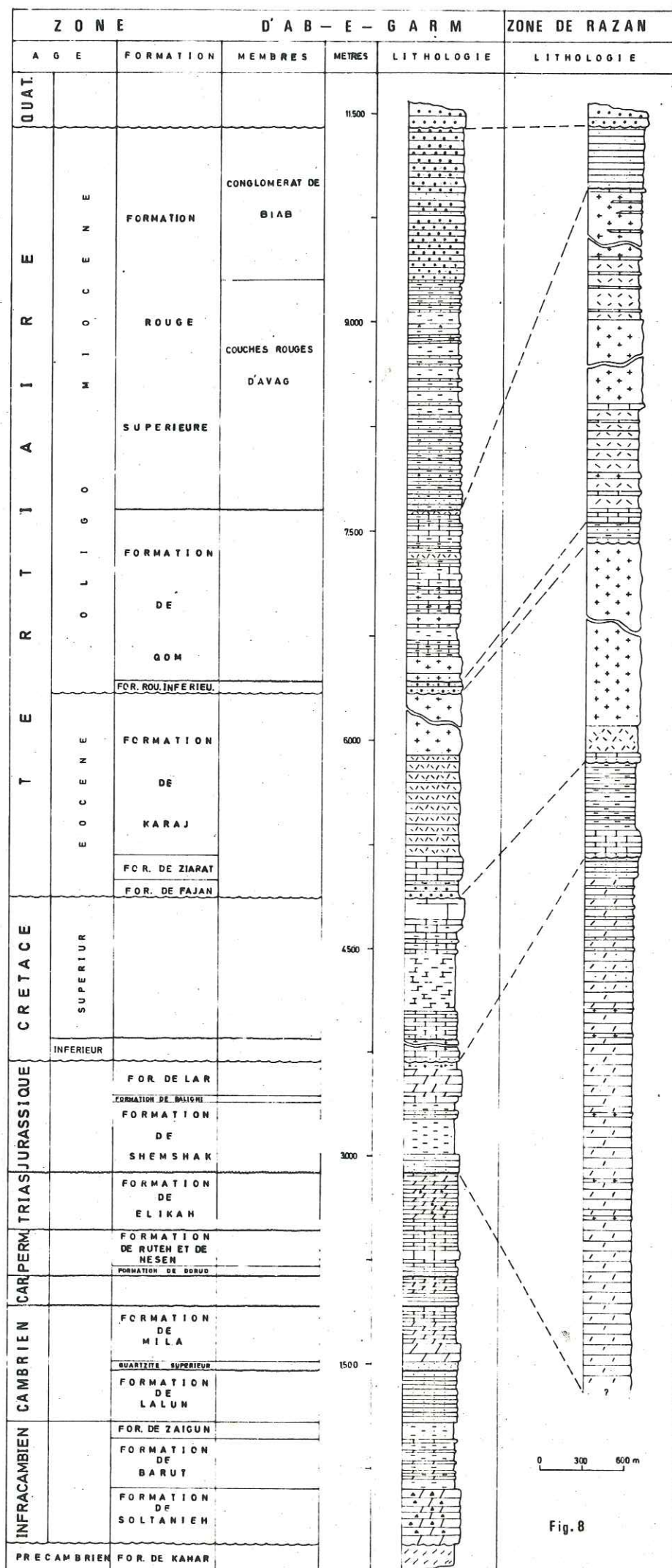
La zone d'Ab-e-Garm elle-même est divisée en deux sous-zones par un accident semblable à la faille d'Avaj, la faille d'Hassanabad, qui coupe la chaîne d'Ab-e-Garm environ 60 km au NE de la région d'Avaj. L'étude des formations primaires et secondaires représentées dans les deux sous-zones qu'elle sépare, montre que cette faille a également servi de limite entre elles du Carbonifère au Trias moyen.

Epaisse d'environ 10 000 m, la série des assises représentées dans le territoire étudié s'étend du Précambrien au Quaternaire. Elle montre plusieurs discordances prononcées et des lacunes stratigraphiques. Les faciès montrent aussi qu'il y a eu des environnements sédimentaires variés.

La zone d'Ab-e-Garm montre, au-dessus des roches non métamorphiques du Précambrien, une série allant de l'Infracambrien au Quaternaire, avec volcanisme au Jurassique supérieur, au Crétacé inférieur, à l'Eocène et au Miocène.

Dans la zone de Razan les sédiments antérieurs au Trias moyen n'affleurent pas. La série montre des schistes légèrement métamorphiques d'âge Trias supérieur - Jurassique et des calcaires et schistes de l'Aptien et l'Albien. Le Tertiaire est non métamorphique avec des roches volcaniques.

Les subdivisions stratigraphiques de la région étudiée sont indiquées sur le tableau 1.



TABIEAU 1 : LA SERIE STRATIGRAPHIQUE DE LA REGION D'AVAJ

Formation	Epaisseur en mètres	Lithologie	Age
Pas de dénomination	150 env.	<p>Alluvions</p> <p>Traverlin</p> <p>Terrasses (alluvions anciennes)</p> <p>Basalte</p>	Quaternaire
Formation rouge supérieure	2750 env.	<p>Conglomérats gris et rouges</p> <p>Grès, marnes rouges, localement avec gypse et sel</p>	Miocène
Formation de Qom	3500 env.	<p>Calcaires, marnes et grès calcaires</p> <p>tufs verts et roches volcaniques</p>	Oligo-Miocène
Formation rouge inférieure	180 env.	<p>Conglomérats, grès et marnes rouges</p>	Oligocène
Formation de Karaj	2500 env.	<p>Roches volcaniques, tufs avec calcaires à Nummulites</p> <p>Tufs verts avec lentilles de calcaire à Nummulites</p>	Eocène
Formation de Ziarat	80, env.	<p>Calcaire à Nummulites, marnes et grès</p>	
Formation de Fajan	250 env.	<p>Conglomérats rouges et gris</p>	Paléocène
Pas de dénomination	1000 env.	<p>Calcaires récifaux massifs</p> <p>Calcaires marneux et marnes</p>	Crétacé supérieur
Pas de dénomination	300 env.	<p>Roches volcaniques</p> <p>Schistes marneux</p> <p>Calcaires à Orbitolines</p> <p>Conglomérats et grès rouges</p>	<p>Schistes légèrement métamorphiques (zone de Razan)</p> <p>Calcaires à Orbitolines faiblement métamorphiques</p> <p>Crétacé inférieur</p>

Formation de Lar	+ 300	Dolomies, calcaires, marnes localement avec gypse et roches volcaniques	
Formation de Dalichai	+ 85	Calcaires marneux à Ammonites et calcaires	Jurassique
Formation de Shemshak	+ 500	Grès, schistes et grès calcaires avec Schistes métamorphisés avec peu de roches volcaniques	
Formation d'Elikah	+ 320	Dolomies uniformes	Trias
Formation de Nesen	+ 20	Calcaires à Pélécypodes et pistes de Vers	
Formation de Ruteh	+ 150	Calcaire avec bauxite à la base	
Formation de Dorud	+ 75	Calcaire à Foraminifères	Permien
Formation de Sinak	+ 212	Conglomérats, grès et marnes rouges	
Formation de Mila	+ 250	Dolomies, dolomies calcaires et sableuses •	Carbonifère
"Top Quartzite" Quartzite Supérieur	+ 50	Quartzites, grès rouges	
Formation de Lalun	+ 450	Dolomies, schistes, calcaires	Cambrien
Formation de Zaigun		Quartzite blanc	
Formation de Barut	+ 1300	Grès rouges	
Formation de Soltanieh		Pelites et schistes rouges	Infracambrien
		Pelites, grès et dolomies	
Formation de Kahar	+ 1000	Dolomies massives	
		Schistes verts	Précambrien

A - PRECAMBRIEN

Dans la région d'Avaj, le Précambrien n'est représenté que dans la zone d'Ab-e-Garm où il n'affleure qu'au Nord de la chaîne du même nom, sur une petite surface. Il s'agit principalement de schistes verts, indurés qui appartiennent à la Formation de Kahar (Précambrien supérieur). Celle-ci est surmontée en discordance par les formations de Bayandor et/ou de Soltanieh, qui ont été décrites par J. Stöcklin et al (1964).

La partie inférieure de la formation de Kahar n'affleure pas dans la région étudiée, de même que le complexe métamorphique du Précambrien ancien, connu plus au Nord.

a - FORMATION DE KAHAR

Les assises les plus anciennes de cette série sont localisées au Nord du village de Shakar Cheshmeh (chaîne d'Ab-e-Garm) sur environ 5 km². On voit là une série uniforme de schistes et de pélites verdâtres, gris, parfois violets, micacés et plus ou moins siliceux. La plupart des surfaces y sont de type "flagstone", d'aspect sériciteux et lustré à cause de l'orientation de la séricite. On y observe des intercalations de dolomie ankéritique jaune-brune, de quartzite gris et accessoirement de schistes tufiers vert foncé ou violacés.

Cet ensemble est identique aux "non métamorphic green shales" de J. Stöcklin et al (1964) bien développés dans la région de Zanjan (Qara Dagħ et Molla Dagħ au Sud de la Chaîne de Soltanieh).

Par tous ces caractères et par sa position stratigraphique, cet ensemble peut-être assimilé à la formation de Kahar dont le type a été pris par E. Deduel (1967) au Kuh-e-Kahar, dans la partie occidentale de l'Alborz Central, où son épaisseur totale atteint 1 600 m. Aucune coupe ni dans le Kuh-e-Kahar, ni dans la chaîne d'Ab-e-Garm ne montre une série complète et continue de cette formation, de sorte que sa définition, particulièrement en ce qui concerne sa limite inférieure, reste vague.

L'épaisseur de la formation de Kahar dans la région étudiée est presque de 1 000 m, mais sa base n'est pas visible. La formation est surmontée par une série de schistes et grès pourpres à rouges et surtout de dolomies de l'Infracambrien (formation de Bayandor ou bien de Soltanieh). Les rares fossiles trouvés dans ces dolomies permettent d'attribuer la formation avec vraisemblance à l'Infracambrien. Etant donné que la série de Kahar n'a jamais livré aucun fossile, c'est sa position sous cette formation dolomitique qui conduit à la placer dans le Précambrien.

Dans cette région comme dans la plupart des régions de l'Iran, la formation de Kahar est pratiquement non métamorphique. Il est possible que les phyllades qui ont été décrites dans la région de Tarom (Hiroyama et al 1966) en soient l'équivalent latéral.

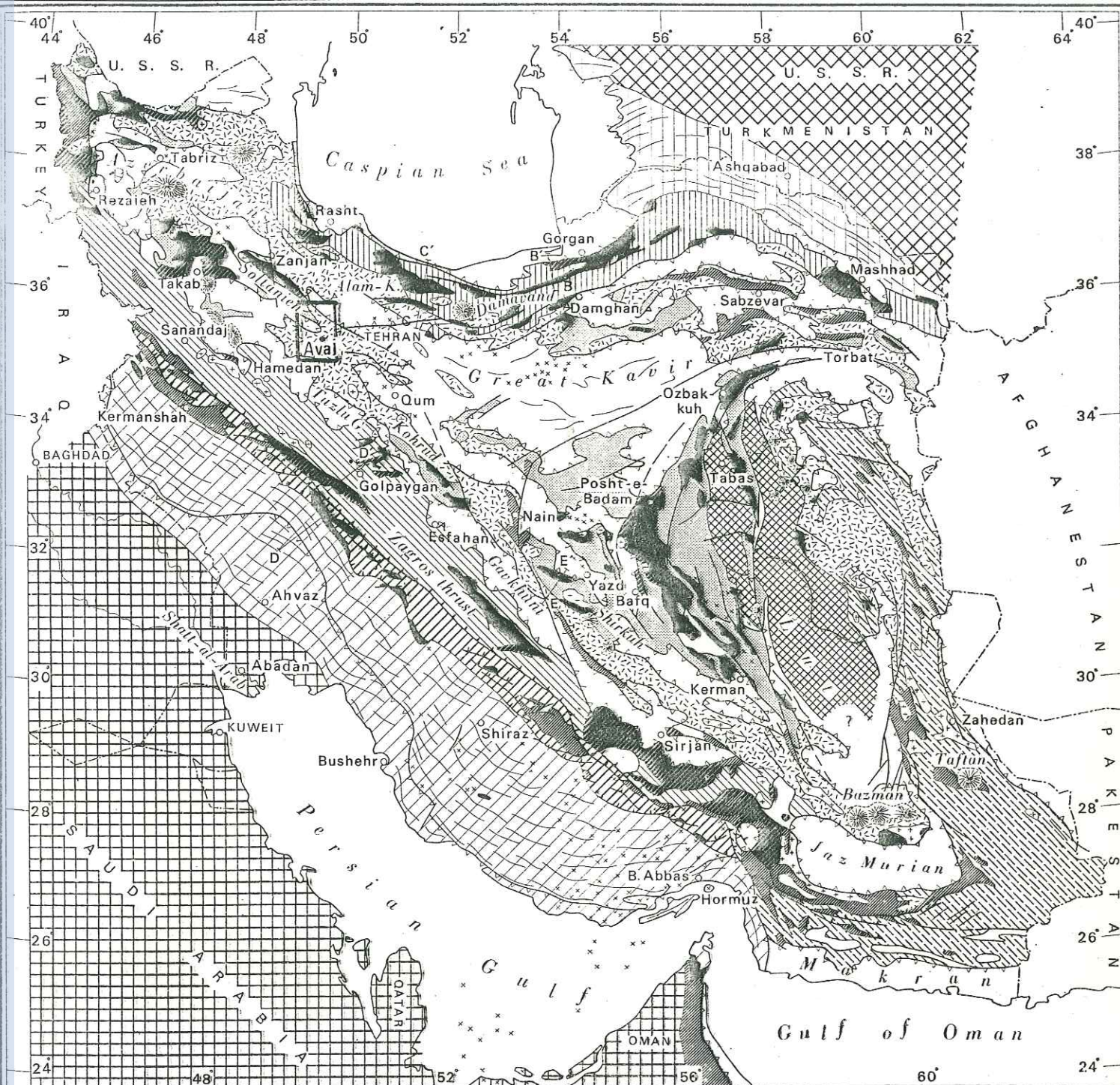
Le contact entre cette formation et celle de Soltanieh (ou celle de Bayandor) n'est jamais net à cause de la croûte d'altération superficielle et des cultures. Dans la région voisine (Zanjan) ce contact est concordant, mais il est souligné par un net changement de lithologie et de couleur (Stöcklin, Nabavi, Samimi 1965).

La formation de Kahar est comparable à la "Morad séries" de la région de Kerman (R. Huckride et al 1962), à la "formation de Kalmorz" (Stöcklin 1961) aux "Shorm Beds" décrit par Rttner (1968) dans la région Est de l'Iran Central, et à la

"Formation de Tashk" dans la région de Saghand plus Centrale (A. Haghipour 1974).

Des assises précambriennes qui, lithologiquement, ont beaucoup de similitude avec cette formation, ont été observées dans la région de Takab (Bolourchi, Pelissier 1967), Maku (Bolourchi 1969), Mahabad (J. Eftekhari Nejad 1974), dans l'Azerbeïdjan, à Golpaygan ? (O. Thiele et al 1968) et Soh (Zahedi 1971) dans l'Iran Central, dans l'Alborz (Gansser et Huber 1962). Enfin, la formation de Taknar du Nord-Est de l'Iran (Razaghmanesh 1968) ressemble aussi à celle de Kahar. La distribution des assises précambriennes est indiquée sur la fig. 9.

tel-00564667, version 1 - 9 Feb 2011



Stable Areas		Folded Areas		General Symbols	
		Alpine Structural Zones			
Turan Plateau Arabian Platform Lut Block 	Ancient Cores Infracamb - Triassic platform cover Precambrian basement 	Kopet Dagh Alborz Mts. Central Iran Sanandaj-Sirjan 		Zagros thrust zone Zagros folded belt East Iran-Makran Young depressions 	
				Ophiolite-radiolarite Granite and diorite intrusions Tertiary volcanics and tuffs Zones of Alpine metamorphism 	
				Quaternary volcano Salt dome Fault Thrust Fold axis Cross section 	

GEOLOGICAL SURVEY OF IRAN - UNITED NATIONS SPECIAL FUND PROJECT

GENERALIZED TECTONIC MAP OF IRAN

A. Ruttner and J. Stöcklin

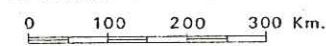
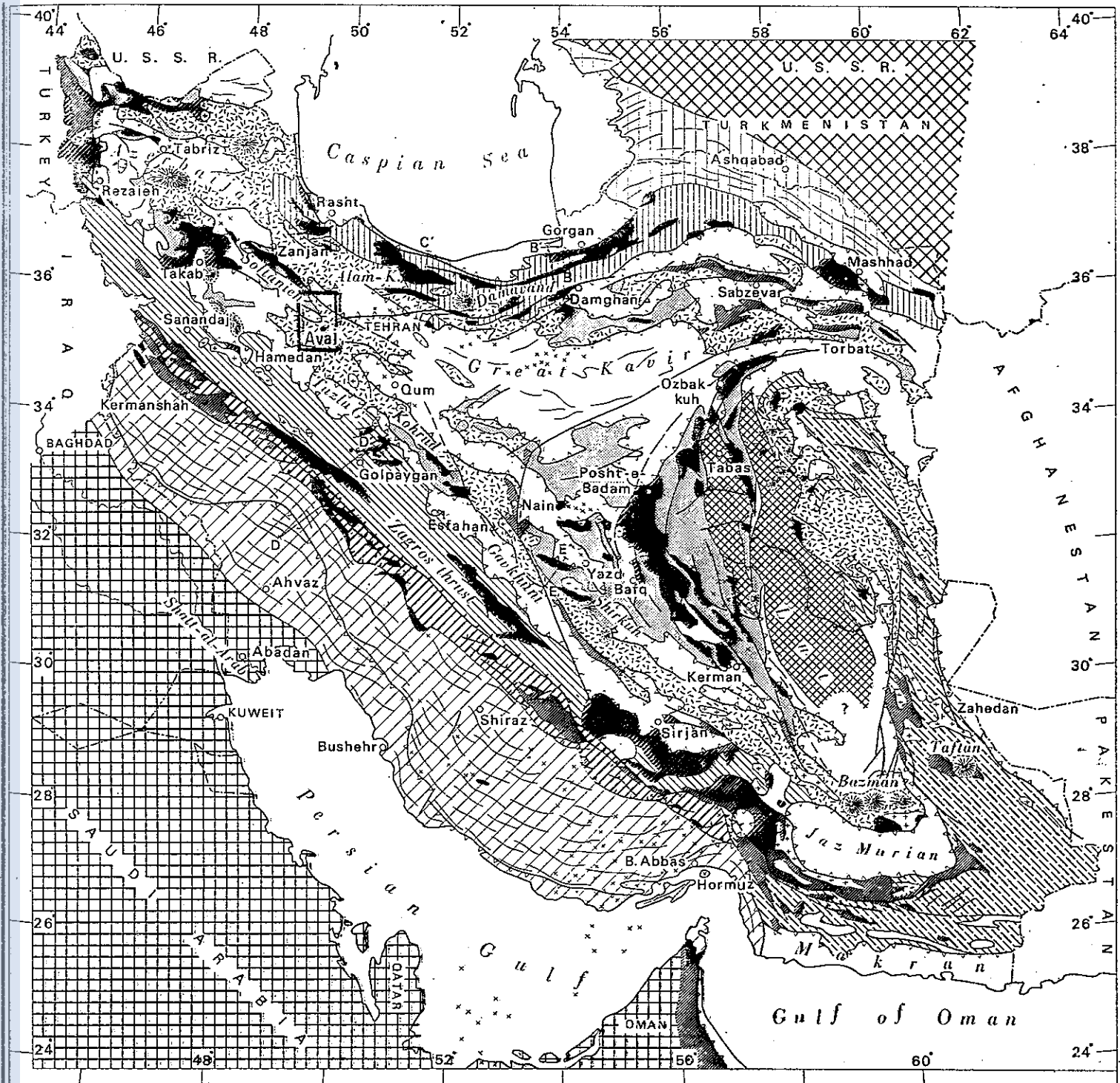


Fig. 9

tel-00564667, version 1 - 9 Feb 2011



Stable Areas		Folded Areas		General Symbols	
		Ancient Cores	Alpine Structural Zones		
Turan Plateau Arabian Platform Lut Block 	Infracamb - Triassic platform cover 	Kopet Dagh Alborz Mts. Central Iran Sanandaj-Sirjan 	Zagros thrust zone Zagros folded belt East Iran-Makran Young depressions 	Ophiolite-radiolarite Granite and diorite intrusions Tertiary volcanics and tuffs Zones of Alpine metamorphism 	Quaternary volcano Salt dome Fault Thrust Fold axis Cross section A — A'

GEOLOGICAL SURVEY OF IRAN - UNITED NATIONS SPECIAL FUND PROJECT

GENERALIZED TECTONIC MAP OF IRAN

A. Ruttner and J. Stöcklin

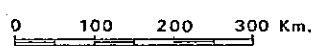


Fig. 9

B - INFRACAMBRIEN

L'Infracambrien de la région étudiée n'est visible que dans la zone d'Ab-e-Garm. Ce groupe se compose successivement de trois formations, avec de bas en haut: la formation de Soltanieh discordante sur celle de Kahar, la formation de Barut et celle de Za'gun. Cette dernière est surmontée en concordance par la formation de Lalun (Cambrien). Le groupe est représenté par des sédiments continentaux ou de faible profondeur (dolomies, schistes, pélites et grès). Ces sédiments affleurent dans les différentes localités de la chaîne d'Ab-e-Garm, sur une épaisseur d'environ 1 300 m.

a - FORMATION DE SOLTANIEH

Dans le domaine étudié, cette formation est essentiellement représentée par des dolomies. Elle affleure au Nord-Ouest du village de Kisajin, aux environs de Qaleh-ye-Juq, à l'Est de Shakar Cheshmeh, et à 5 km au SW d'Hosseinabad.

La base de cette formation dolomitique n'affleure qu'à l'Est du village de Shakar Cheshmeh, au contact de la formation de Kahar, mais ce contact n'est pas net en raison de la croûte d'altération superficielle et des cultures. La formation se compose de dolomies généralement stratifiées, parfois massives, de couleur variable gris clair à grise, de temps en temps brune et jaune à la surface. Ces dolomies sont quelquefois recristallisées, avec des nodules ou lits de silex. L'épaisseur de la série atteint au maximum 500 m. Elle est surmontée au Sud par le "Top Quartzite" du Cambrien, mais ce contact n'est pas net. Vers le Nord-Ouest du village de Shakar-Cheshmeh, à la base de cette formation, existe une série de schistes et de grès pourpre-rouge, fortement micacés, avec des intercalations de dolomies recristallisées. Cette série qui a une épaisseur de moins de 80 m, repose sur la formation de Kahar et n'est visible que dans cette dernière localité. Elle peut être comparée à la formation de Bayandor dont le type a été pris dans le Kuh-e-Bayandor dans la région de Soltanieh (Stöcklin, Ruttner, Nabavi, 1964) où elle mesure environ 500 m. Elle a été aussi observée localement dans la région de Takab (Alavi et al 1968).

Près du village de Qaleh-ye-Juq, la partie inférieure de la formation de Soltanieh est toujours affectée par des failles qui la mettent en contact avec la formation de Lalun vers le Nord et avec les roches volcaniques de l'Eocène vers l'Est. Au point de vue lithologique, elle a les mêmes caractères que dans la localité précédente, mais son épaisseur atteint 900 m environ. Généralement, elle est surmontée par la formation de Barut, peu épaisse.

Un autre petit affleurement se trouve à 5 km au SW du village d'Hosseinabad dans un compartiment soulevé par faille inverse contre les tufs de l'Eocène.

Enfin, la formation de Soltanieh affleure au NW du village de Kisajin, où se trouve la coupe de l'Infracambrien et du Paléozoïque la plus complète du secteur. La base n'est toutefois pas visible. Lithologiquement, elle a les mêmes caractères que dans les localités précédentes mais elle est fortement altérée. La coupe stratigraphique de cette formation a été mesurée dans cette localité. Elle est la suivante (fig.10). Au-dessus d'une base non visible, viennent :

1. Alternance de dolomies, de pseudo-brèches dolomitiques, rougeâtres à jaunâtres, brunes à brunâtres en surface, assez altérées, et de dolomies massives, recristallisées gris clair à grises. Celles-ci contiennent des nodules et des lits de silex dont les dimensions vont de quelques cm à 20 cm (143 m).

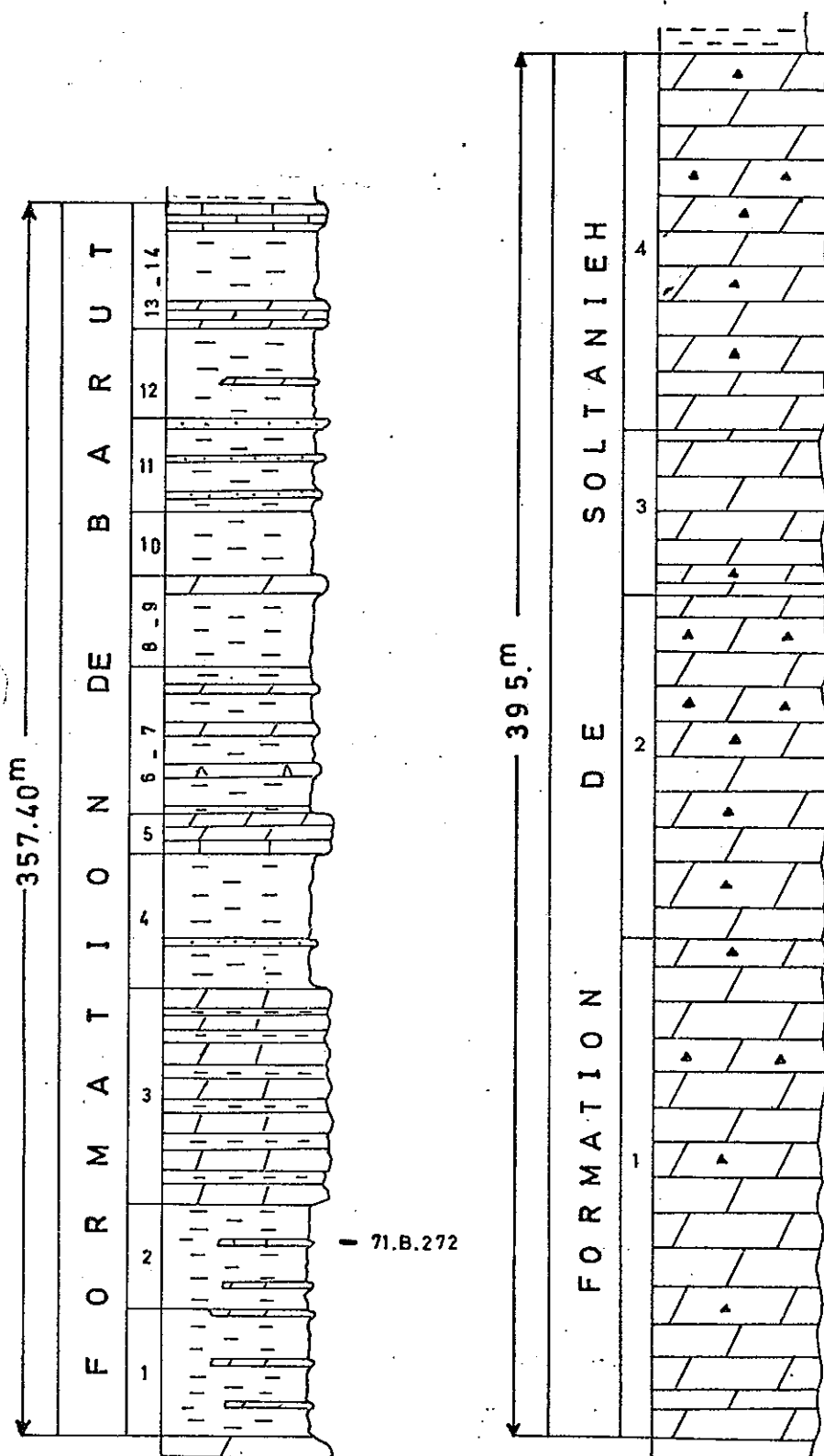


Fig.10-Colonnes stratigraphiques des formations de Soltanieh et de Barut
au NW du village de Kisajin. Echelle: 1:2000

2. Dolomies rougeâtres à grises et gris-clair, pseudo-bréchiques en surface, contenant des nodules et des lits de silex (98 m).
3. Dolomies rougeâtres à jaunes, très altérées, avec intercalations de deux couches de dolomies grises, d'épaisseur métrique (47 m).
4. Dolomies, gris clair, rosâtres à jaunes, assez stratifiées, parfois massives, recristallisées. De temps en temps ces dolomies sont pseudo-bréchiques avec des nodules de silex (107 m).

Au-dessus viennent les schistes micacés de la formation de Barut.

Dans la région voisine (Chaîne de Soltanieh), la formation de Soltanieh se divise en trois parties distinctes : dolomie inférieure, schistes de Chopoghlu qui manquent dans la région d'Avaj, et dolomie supérieure.

La formation de Soltanieh présente une constitution très constante sur une large fraction du territoire iranien, dans l'Azerbeïdjan, l'Alborz Central et l'Est de l'Iran Central (Ruttner et al 1968).

Dans la région étudiée la série dolomitique n'a fourni aucun fossile qui pourrait préciser l'âge infracambrien de la formation de Soltanieh. Elle est datée de l'Infracambrien dans les autres régions de l'Iran, où elle a été reconnue par sa position sous le Cambrien inférieur bien daté. Son âge résulte aussi de la découverte, dans la région de Zanzan et l'Alborz Central, de quelques organismes fossiles qui sont généralement attribués à l'Infracambrien : Stöcklin et al (1964) signalent un grand nombre de petits discoïdes de nature vraisemblablement organique, trouvés dans le "Chopoghlu Shale member" se rapprochant du genre *Fermeria* du Précambrien supérieur au Cambrien inférieur du Systemede Vindhyan défini en Inde (Pascoe 1959). D'ailleurs, Assereto (1966) compare la forme iranienne au genre *Churia* du Précambrien supérieur-Cambrien inférieur. P. M. Keller la rapproche du *Ballanella gilesi* Sprigy, qui existe dans la partie supérieure de la série du Valdaï de la plate-forme russe, en-dessous de la série de la Baltique d'âge Cambrien inférieur. Les autres organismes qui ont été observés dans la région de Soltanieh sont des Stromatolites, des *Collenia* et des traces de tubes de *Salterella* qui indique aussi le Précambrien supérieur ou le Cambrien inférieur.

Enfin, dans la région de Yazd des géologues de la compagnie Rio Tinto (1968), ont décrit une faune dans la formation de Rizu, qui est peut-être l'équivalent latéral, au moins partiel, de l'Infracambrien de Zanzan. Cette faune renferme des Coéllentères (*Dipleurozoa*, *Dickinsonia* et *Spriggina* ainsi que *Medusites asteroides*) caractéristiques du Précambrien supérieur d'Australie (voir Zahedi 1971).

b - FORMATION DE BARUT

Cette formation n'affleure qu'au Nord-Ouest du village de Kisajin, ainsi qu'à l'Est et au Nord-Est de Qaleh-ye-Jug. Elle est formée par une alternance de schistes de couleurs variées, essentiellement pourpre-rouge, gris, violets et bruns. Ces schistes sont assez micacés avec des intercalations de dolomies, de calcaires, de calcaires dolomitiques et rarement de grès. Les schistes sont argileux, pélitiques et plutôt gréseux. Parmi les intercalations carbonatées, les calcaires sont subordonnés par rapport aux dolomies, mais les deux sont recristallisés.

Au point de vue des couleurs, les dolomies sont jaunes, brunâtres et grises. Elles contiennent des nodules abondants et des bandes de silex. Ces nodules varient de quelques millimètres à 30 cm de diamètre et les bandes de 15 cm à 2 m d'épaisseur.

Les calcaires sont finement laminés et contiennent les mêmes nodules de silex que les dolomies. Tous deux sont fétides sous le choc du marteau. Ces bancs de calcaires et de dolomies ont une épaisseur qui varie de 30 cm à plus de 2 m. Les seules traces organiques qui aient été trouvées dans les couches calcaires sont des Stromatolites.

La formation de Barut repose en concordance sur la formation de Soltanieh. En fait, ce contact n'est pas aussi tranché que celui de la formation de Zaigun sus-jacente. La partie inférieure de la Formation de Barut passe progressivement à la formation sous-jacente. Malgré cela, la limite apparaît clairement dans les coupes, et peut être cartographiée.

Le type de la Formation de Barut (Stöcklin et al 1964) n'est pas très loin du village de Barut Aghaji dans la région de Soltanieh, où son épaisseur maximum dépasse 700 m. Elle diminue dans les autres coupes (357 m dans la région d'Avaj).

La coupe de cette formation dans la région étudiée a été prise au Nord-Ouest du village de Kisajin, où son épaisseur est maximum. Elle se compose de bas en haut, des termes suivants (fig.10) situés au-dessus des dolomies massives, grises, de la formation de Soltanieh :

1. Schistes, plutôt gréseux et pélitiques, pourpres avec des intercalations de trois couches métriques de dolomies fracturées, gris clair à gris (36 m).
2. Schistes pourpres, micacés avec des intercalations de dolomies (un banc de 2 m, gris clair et brunâtre) et de calcaires fins, gris avec des Stromatolites dans sa partie supérieure (30 m).
3. Alternance de dolomies gris clair, à patine brune avec des nodules et des bandes de silex et de schistes gréseux, micacés et pourpres (62 m).
4. Schistes pourpres micacés et grès rouges, à grain moyen avec quelques intercalations de schistes verts (38,20 m).
5. Alternance de calcaires dolomitiques, gris clair, de schistes pourpres ou verts et de dolomies calcaires, en couches de 30 à 60 m. Le calcaire dolomitique contient des nodules de silex parallèles à la stratification. La dolomie calcaire peut disparaître latéralement (11 m).
6. Alternance de schistes pourpres et de dolomies plutôt calcaires, gris clair à patine brune avec des nodules de silex. Ces dolomies disparaissent latéralement (39,40 m).
7. Schistes verts (2 m).
8. Schistes pourpres, rouges, plutôt micacés, avec quelques intercalations de schistes verts (20,60 m).
9. Dolomies calcaires, diaclasées avec des nodules de silex (5 m).
10. Schistes pourpres micacés avec deux intercalations de schistes verts de 10 à 20 cm d'épaisseur (17,70 m).
11. Schistes plutôt gréseux, pourpres, rouges, micacés, surmontés par une alternance de schistes verts et pourpres ; grès argileux en bancs minces (26,60 m).
12. Schistes pourpres, gréseux avec quelques intercalations de schistes verts et de dolomies calcaires, gris clair à jaunâtres à patine brune (34,90 m).

13. Calcaires gris clair, bien stratifiés, avec deux couches jaunâtres de 50 cm d'épaisseur (8 m).

14. Schistes pourpres micacés avec des intercalations de calcaires qui disparaissent latéralement (26 m).

Au-dessus viennent les schistes pourpres et micacés de la Formation de Zaigun.

Les seuls fossiles que nous avons trouvés dans les couches carbonatées de la formation de Barut, sont des Stromatolites, analogues à ceux de la Formation de Soltanieh. P. Allenback et Stieger (1966) ont également décrit une forme de Biconulites, probablement du Cambrien inférieur.

c - FORMATION DE ZAIGUN

La Formation de Zaigun dont le type a été pris par Assereto (1963) dans l'Alborz Central, affleure, dans la chaîne d'Ab-e-Garm, dans les mêmes localités que la Formation sous-jacente. Elle présente un caractère lithologique uniforme, mais une épaisseur variable. Il s'agit de schistes pélitiques à grain fin. Couleur typiquement rouge à lie-de-vin, mais quelques couches montrent aussi des teintes pourpres, violettes et vertes, spécialement dans la partie inférieure. Une grande quantité de séricite, parallèle à la stratification, est caractéristique de cette formation. Les schistes alternent avec des grès montrant des structures entre-croisées et des ripple-marks. Vers le haut, il y a augmentation des matériaux gréseux et diminution de la séricite.

Dans la région étudiée l'épaisseur de la formation de Zaigun varie de 70 m au SE du village de Qaleh-ye-Juq à 100 m vers l'Ouest du même village, mais le maximum est de 120 m au Nord-Ouest de Kisajin.

L'épaisseur maximum de cette formation a été mesurée dans la chaîne de l'Alborz Central (localité type) où elle atteint 450 m. Tandis que dans la région de Zanjan elle a au plus 270 m, mais peut parfois disparaître complètement. Cette variation d'épaisseur serait due selon Stöcklin, Ruttner, Nabavi (1964) et Stöcklin et al (1965) à une érosion antérieure au dépôt de la Formation de Lalun. Néanmoins, la nature du contact entre les deux formations est encore discutable parce que les conditions d'affleurement sont généralement peu favorables. Aucune discordance n'a été observée entre les deux formations. D'ailleurs, un passage progressif a été décrit par Assereto dans la localité type et dans la plupart de celles où ces formations affleurent.

Dans la région d'Avaj la Formation de Zaigun passe en continuité à la Formation de Lalun, si bien qu'il est difficile d'établir la position exacte du contact. Nous l'avons fixée arbitrairement au niveau des schistes gréseux pourpres et micacés supérieurs.

Aucun fossile n'a jamais été trouvé dans la région étudiée, comme dans la majeure partie de l'Iran, où cette formation affleure. Assereto (1963), en raison de sa position stratigraphique, en fait du Cambrien ; mais nous l'avons attribuée, comme dans la région voisine (Stöcklin et al 1968) à l'Infracambrien.

d - PALEOGEOGRAPHIE DE L'INFRACAMBRIEN

Dans la région d'Avaj, l'Infracambrien débute avec une sédimentation détri-

tique continentale (Formation de Bayandor). Elle passe graduellement aux dolomies de Soltanieh, qui se sont vraisemblablement formées dans une mer peu profonde et chaude dont les eaux étaient sans doute légèrement sursalées. Leur nature marine indique que, durant le laps de temps nécessaire à leur formation, le bassin dans lequel elles se déposaient, se trouvait loin de tout rivage où était bordé de territoires très arasés dont l'érosion ne fournissait aucun élément détritique. Le régime de sédimentation devient de type continental pendant le dépôt de la formation de Barut et de celle de Zaigun dont les faciès détritiques indiquent une reprise de l'érosion.

Dans le domaine actuellement recouvert par le Golfe Persique ainsi que dans la chaîne du Zagros, l'Infracambrien est représenté par des sédiments évaporitiques groupés sous le nom de Formation Salifère d'Hormoz. Cette formation est à l'origine des nombreux diapirs de sel de l'Iran méridional. Elle correspond aussi à la série salifère des "Salt Ranges" du Pakistan.

A ces sédiments salifères, correspondent les dolomies schistes, et schistes gréseux rouges de l'Infracambrien du Centre et du Nord de l'Iran. La fig. 11 précise la zone de passage. Dans le secteur entre Kerman et Bafq, l'Infracambrien est représenté par la Formation de Dezu (Zarand) qui se compose d'évaporites et de dolomies (R. Huckriede et al, 1962).

Dans les autres parties de l'Iran, à l'Infracambrien inférieur la sédimentation dolomitique ne se réalise sans doute que dans le centre du bassin, c'est-à-dire dans la partie correspondant aux régions de l'Alborz, de l'Azerbeïdjan et de Shirgesht où les dolomies de Soltanieh surmontent la Formation de Kahar. A peu près au même moment, ou un peu plus tôt, les bordures sud-orientales (Kerman) et nord-occidentale (Azerbeïdjan) du bassin étaient le siège d'une puissante sédimentation détritique résultant de la proximité vraisemblable de reliefs émergés importants. Vers le milieu de l'Infracambrien, qui correspond au maximum d'extension des dolomies de Soltanieh, la sédimentation dolomitique étendit son domaine à tout le centre et le Nord de l'Iran. Plus tard, un rajeunissement des reliefs nourriciers, provoqué par des mouvements épirogéniques, met fin à la sédimentation des dolomies et détermine le dépôt d'une série continentale (Formation de Barut et Zaigun) dans les chaînes de l'Alborz et l'Azerbeïdjan.

Les quelques territoires de l'Iran, où les assises de l'Infracambrien peuvent être considérées comme des régions soulevées en raison de l'orogénie Baikaliennne sont la région de Kalmorz (W de Tabas), (Stöcklin 1968) ainsi que la région de Maku (Bolourchi 1969).

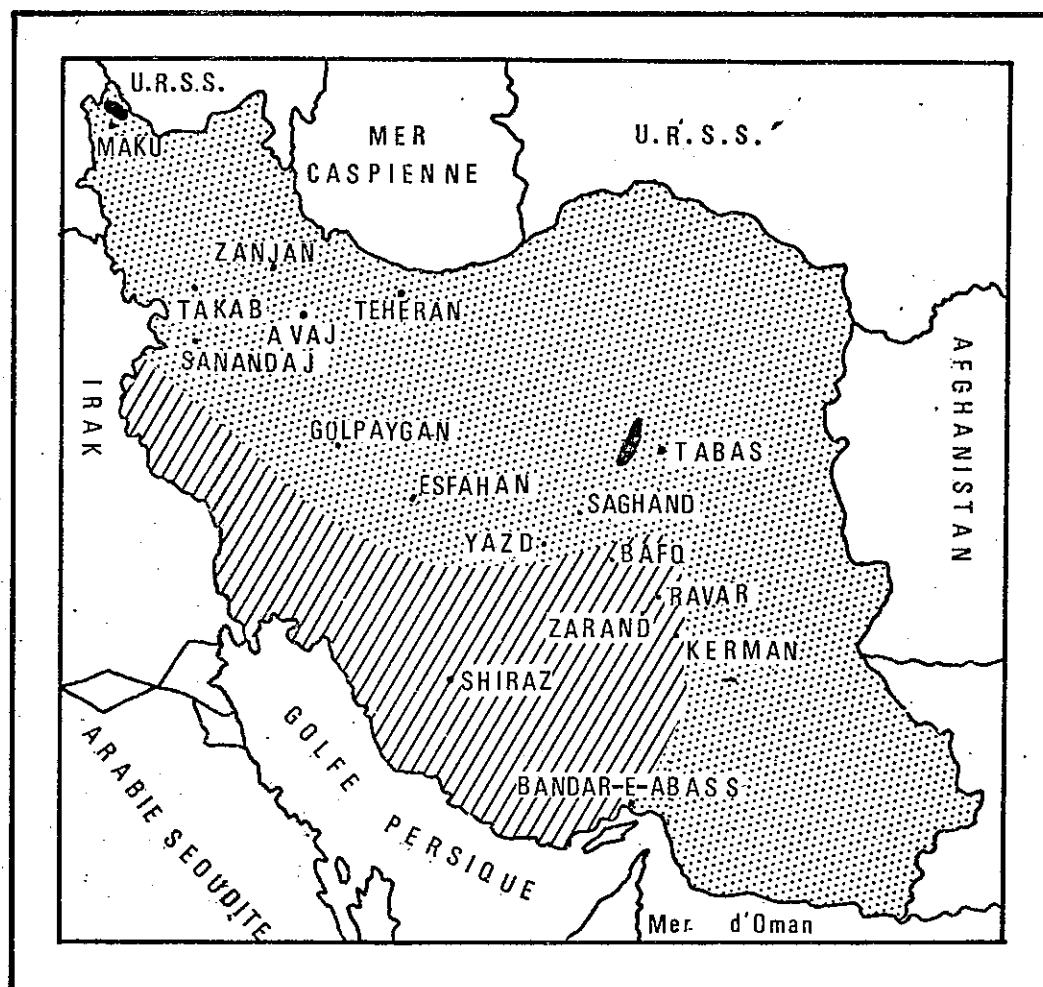


Fig.11—Paléogéographie de l'Iran durant l'Infracambrien



Sédiments dolomitiques et gréseux



Dépôts essentiellement salifères



Régions émergées

C - PALEOZOIQUE

Les sédiments du Paléozoïque affleurent dans la zone et la chaîne d'Ab-e-Garm suivant des bandes de direction à peu près Est-Ouest à Nord-Ouest, Sud-Est. La sédimentation commence par les sédiments continentaux de la formation de Lalun (grès rouges) qui est surmontée par une série uniforme et moins épaisse de quartzites blancs ("Top Quartzite"). Ces deux formations ont été attribuées au Cambrien inférieur. Au-dessus vient la formation de Mila (dolomies, schistes dolomitiques, calcaires à Trilobites et Brachiopodes) du Cambrien moyen et supérieur. Il lui succède une série de quartzites et dolomies du Carbonifère, sans discordance, mais après une grande lacune stratigraphique qui englobe l'Ordovicien, le Silurien, et le Dévonien. Le Permien recouvre les autres formations du Paléozoïque (Carbonifère et Cambrien) sans discordance angulaire, mais avec une nouvelle interruption de sédimentation. Ces sédiments commencent par une série de conglomérats et de grès rouges (Formation de Dorud) puis viennent les calcaires marneux et calcaires de la Formation de Ruteh (Gualupien). Après un horizon de bauxite, viennent les calcaires marneux de la Formation de Nesen du Permien supérieur (Julfien). L'épaisseur totale de ces sédiments primaires atteint 1 200 m environ dans cette région (fig.12).

a - CAMBRIEN

1. Formation de Lalun

Dans la région étudiée, le Cambrien inférieur est représenté par une série de grès rouges qui étaient nommés autrefois "Vieux Grès Rouges" par analogie avec les "Old red Sandstone" du Dévonien. C'est la Formation de Lalun, dont le type a été pris par Assereto (1963) dans la chaîne de l'Alborz.

Elle affleure dans des localités différentes de la chaîne d'Ab-e-Garm : Nord-Ouest du village de Kisajin, Kuh-e-Ali Darvish, Kuh-e-Larband, Sud-Est de Qaleh-ye-Juq, Sud et Nord-Ouest de Qermezabad et Nord-Ouest de Shakin.

Les dépôts de cette série de Lalun, dont l'épaisseur totale est de 400 - 600 m, consistent en deux parties normalement superposées, qui présentent des caractères lithologiques différents :

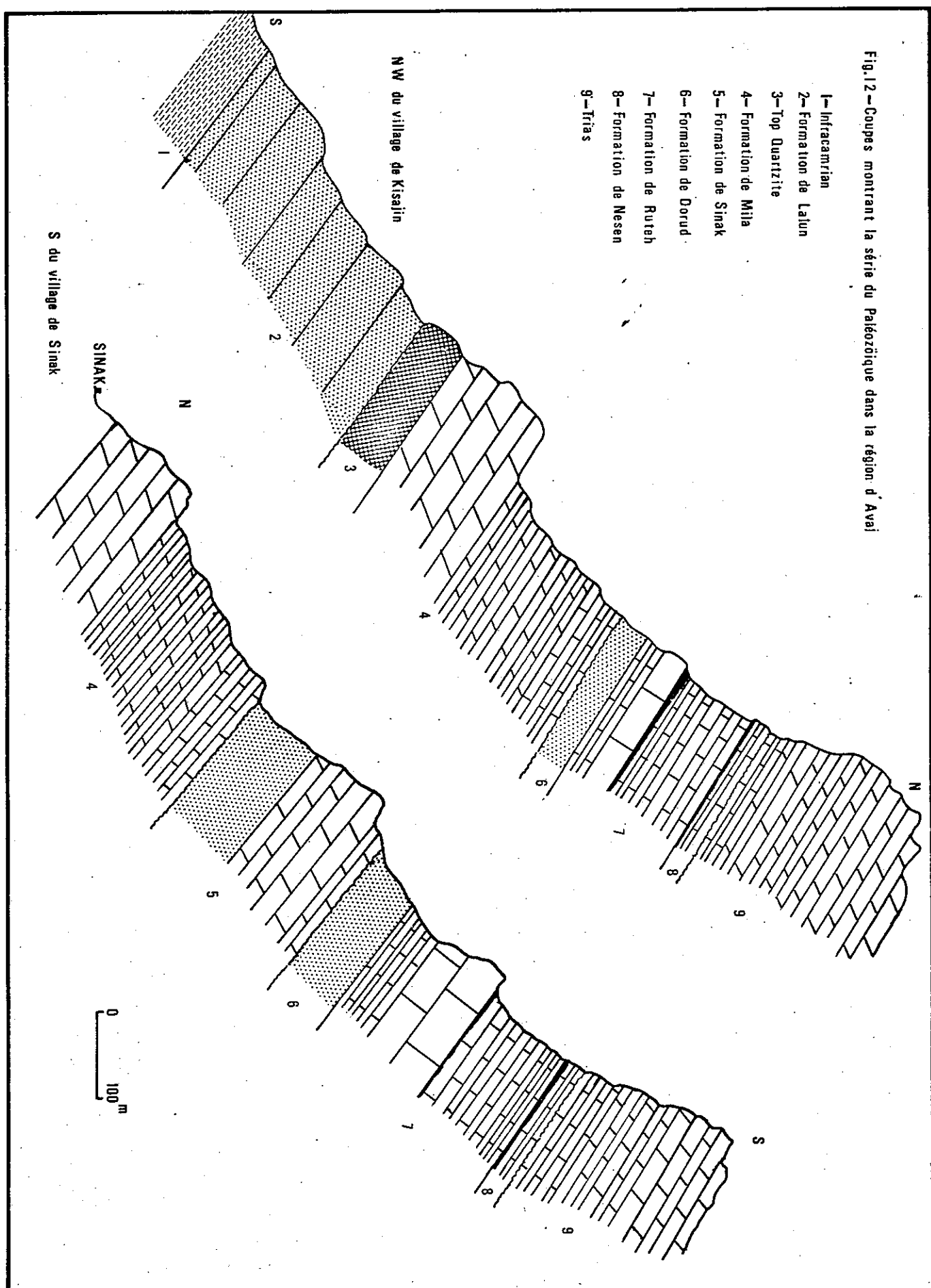
1.1 La partie inférieure est nettement plus importante que la partie supérieure et présente une lithologie uniforme dans toutes les localités précédentes. Elle se compose d'une série de grès rouges à rougeâtres, arkosiques, quelquefois argileux et calcaires, généralement de grain moyen à fin, à stratification entrecroisée et intercalations de schistes oxydés. Ces schistes contiennent des fragments pélitiques. Quelques intercalations de schistes pourpres, micacés, sont visibles dans les grès, spécialement dans leur partie inférieure.

L'étude microscopique du grès montre qu'il est constitué de quartz sub-anguleux de grain fin à moyen (80-90 %) avec quelques feldspaths (orthoclase, microcline et plagioclase) altérés, le tout dans un ciment calcaire et argileux. La roche n'est pas bien compacte. De petits pellets d'argile sont représentés dans le grès.

Vers le haut les grès deviennent plus compacts, avec du quartz en grains moyens, subarrondis (80-85 %) et des feldspaths (5-10 %). L'oxyde de fer apparaît sous deux formes : en grains et en petits filons.

Fig.12.—Coupes montrant la série du Paléozoïque dans la région d'Avai

- 1—Infracamrian
- 2—Formation de Latun
- 3—Top Quartzite
- 4—Formation de Milla
- 5—Formation de Sinak
- 6—Formation de Dorud
- 7—Formation de Ruteh
- 8—Formation de Nesen
- 9—Trias



1.2 La partie supérieure de cette formation qui n'a plus que quelques mètres d'épaisseur dans la région d'Avaj, consiste en schistes pourpres, assez micacés. Elle est plus épaisse dans la région de Soh (100 m), dans la région de l'Alborz (35 m), ou à Shirgesht (135 m).

Le plus grand développement de la Formation de Lalun a été observé dans Kuh-e-Ali Darvish et Kuh-e-Larband. Dans la première localité cette formation a une puissance de 400 m et dans la seconde de 600 m environ.

La coupe stratigraphique détaillée de la Formation de Lalun a été relevée au Nord-Ouest du village de Kisajin où son épaisseur est de 370 m environ (fig.13). Cette coupe prise de bas en haut est la suivante :

1. Grès roses, rouges à rougeâtres, bien stratifiés, en bancs de 10 à 50 cm. Ces grès comportent 80 à 90 % de grains de quartz de taille moyenne avec quelques feldspaths assez altérés. Ces grès montrent des intercalations de schistes et de pélites pourpres.
2. Grès roses, rouges à rougeâtres, de grain fin à moyen (19,80 m).
3. Les mêmes grès que dans l'horizon 2, mais plus ou moins micacés, avec quatre intercalations de grès roses, en bancs de 40 - 120 cm (24,60 m).
4. Grès rouges, peu micacés, bien stratifiés en bancs de 10-36 cm, plus pélitiques vers le haut. Ces grès sont traversés par un dyke diabasique épais de 1 à 15 m et long de 250 m (53,95 m).
5. Grès rouges granoclassés, également traversés par un dyke diabasique et contenant un banc de grès rubané rouge et noir, épais de \pm 40 cm, près du sommet. La bande noire est colorée par de l'oxyde de fer et d'autres minéraux opaques (42 m).
6. Grès rougeâtres à rouges, à grain plutôt grossier, bien lités, à stratification entrecroisée, en bancs de 30-60 cm (82,35 m).
7. Grès plus ou moins quartzitiques, rouges, assez compacts, à stratification entrecroisée. Intercalation d'un banc de grès bréchique (59 m).
8. Grès rouges, rougeâtres à rosâtres assez compacts avec une intercalation de 2 m de grès quartzitiques blancs. Stratification entrecroisée (32,60 m).
9. Schistes pourpres, micacés, finement lités (4,60 m).

Au-dessus viennent les quartzites blancs ou "Top Quartzite" limitant la formation.

Fossiles et âge de la Formation de Lalun

Malgré toutes nos recherches, il nous a été impossible de découvrir, dans la série des assises que nous venons de décrire, la moindre trace fossile qui confirmerait l'âge Cambrien de la Formation de Lalun. L'attribution de cette formation au Cambrien résulte de la découverte de fossiles dans d'autres régions de l'Iran. Allenbach (1966) a découvert des traces fossiles (Cruziana) près de Sarbandan, à l'Ouest de Firuz-Kuh (dans la chaîne de l'Alborz Central). Ce fossile a également été décrit dans les grès rouges du Cambrien du Nord et de l'Ouest de l'Iran Central par Gansser et Huber (1962) et Ruttner et al (1968). Il est également connu dans le Nord de l'Iraq, l'Arabie Saoudite, les "Salt Ranges" du Pakistan.

Dans la région étudiée, l'attribution au Cambrien inférieur de la Formation de Lalun est également due au fait qu'elle est surmontée par le "Top Quartzite" et

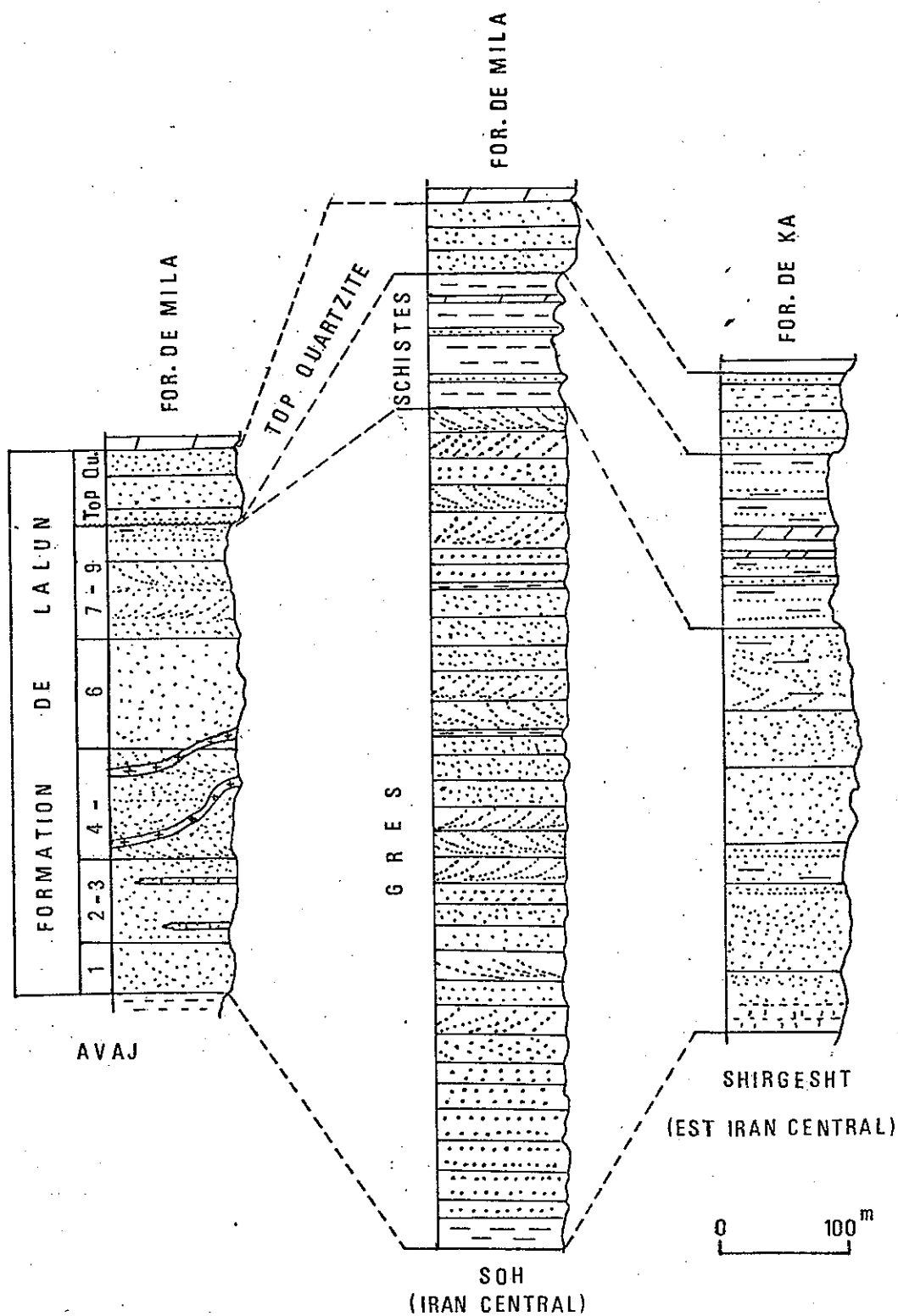


Fig.13 - La Formation de Lalun et le "Top Quartzite" dans les régions d'Avaj, de Soh et de Shirgesht

par la Formation de Mila dont l'âge Cambrien moyen et supérieur est prouvé par des fossiles.

Dans la région d'Avaj, la Formation de Lalun repose en continuité sur la Formation de Zaigun. Mais ailleurs, elle repose directement sur la Formation de Soltanieh, notamment dans la région de Soh (Zahedi 1971) ou sur la Formation de Barut, région de Zanjan (Stöcklin et al 1969) et dans la vallée de Karaj (C. Lorenz 1964). Elle est généralement surmontée par le "Top Quartzite" en continuité. Ce terme est également considéré comme une partie de la Formation de Lalun, mais nous pensons cependant qu'il y a en réalité une interruption de sédimentation entre les deux termes (cf. infra).

La Formation de Lalun est bien développée dans la plus grande partie de l'Iran, l'Azerbeïdjan à l'Ouest jusqu'à Sirgesht à l'Est. Elle est équivalente à la série de Dahu dans la région de Kerman (R. Huckriede et al 1962). Elle est absente dans la région de Kalmorz (Ouest de Tabas) et Maku (Bolourchi 1969) où les sédiments du Précambrien sont directement surmontés par le Dévonien.

2. Le "Top Quartzite" (Quartzite supérieur)

C'est une série uniforme d'une puissance de 30 - 60 m, qui repose toujours sur la Formation de Lalun dans la région d'Avaj, sauf au Sud-Est du village de Shakar Cheshmeh où cette série surmonte directement les dolomies de Soltanieh (mais le contact n'est pas très clair à cause de la croûte d'altération superficielle). Le "Top Quartzite" est un quartzite blanc laiteux, rarement coloré par de l'oxyde de fer.

L'étude microscopique montre une texture en mosaïque et une proportion de 90-95 % de quartz avec quelques cristaux de feldspaths.

Dans la région d'Avaj, le "Top Quartzite" est séparé de la formation sous-jacente par quelques bancs de schistes pourpres et micacés. Comme nous l'avons déjà mentionné (voir la Formation de Lalun) ces schistes sont d'épaisseur variable (quelques mètres à 135 mètres). Le "Top Quartzite" est bien représenté dans la région de l'Azerbeïdjan, l'Alborz, l'Iran Central, en Turquie et dans le "Salt Ranges" du Pakistan.

Le nom de "Top Quartzite" a été créé par Assereto (1963) qui le considérait comme le terme supérieur de la Formation de Lalun. Mais nous croyons que le "Top Quartzite" ne peut pas appartenir à la Formation de Lalun pour les raisons suivantes :

1. On n'observe jamais le passage graduel entre les schistes rouges et pourpres de la formation de Lalun et le "Top Quartzite".
2. Il existe un changement brusque de couleur entre les schistes pourpres et rouges et le "Top Quartzite" blanc.
3. Un niveau d'érosion existe entre les schistes et le "Top Quartzite".
4. Dans un petit affleurement que nous avons déjà mentionné, le "Top Quartzite" repose directement sur les dolomies de Soltanieh.

De même, Stöcklin (1968) a décrit un type de "Top Quartzite" dans le Kuh-e-Banan (région de Kerman) qui surmonte, après une surface d'érosion, les dolomies siliceuses de la série de Risu.

Tout cela peut indiquer qu'il y aurait eu un mouvement épirogénique entre la Formation de Lalun et le "Top Quartzite", mouvement qui aurait déterminé une in-

terruption de sédimentation. Vers le haut, ces quartzites passent en continuité avec la Formation de Mila. Sur deux mètres, les quartzites deviennent dolomitiques et comportent des cubes de sel pseudomorphosés (terme inférieur de la Formation de Mila).

Le "Top Quartzite" n'a jamais fourni de fossiles. Il est probable qu'il appartient au Cambrien inférieur comme la formation sous-jacente, où à la partie inférieure du Cambrien moyen en raison des fossiles qu'on a déjà récoltés dans la Formation de Mila et qui indiquent un âge Cambrien moyen.

3. La Formation de Mila

La Formation de Mila a été définie pour la première fois par Stöcklin et al (1964) au pied sud du Mila Kuh, à 50 km au Sud-Est du village de Ghucheh (Est Alborz) où son épaisseur atteint 585 m environ et comporte 5 termes distincts de bas en haut :

1. Alternance de dolomies gris foncé à noirâtres et de marnes jaunes.
2. Calcaires en lits minces, alternant avec des calcaires recristallisés, à Trilobites.
3. Calcaires glauconieux à Trilobites et Brachiopodes.
4. Pérites, quartzites et calcaires à Trilobites.
5. Alternance de schistes et de calcaires bien lités.

Les fossiles recueillis le long de cette coupe indiquent un âge compris entre le Cambrien moyen-supérieur et l'Ordovicien.

La Formation de Mila est bien développée dans la chaîne de l'Alborz et l'Azerbeïdjan.

Dans la région d'Avaj, les assises du Cambrien moyen et supérieur qui correspondent à la Formation de Mila s'observent dans les mêmes localités que pour la Formation de Lalun et au Sud du village de Sinak. Cette formation comporte trois termes distincts de bas en haut :

- le terme inférieur (dolomies noires) est présent dans tous les affleurements où la Formation de Mila a été observée. Il comporte des dolomies gris-foncé et noirâtres en bancs épais. Ces dolomies contiennent des nodules et lits de silex. On y voit des intercalations de marnes, de dolomies marneuses, jaunes à rosâtres, finement stratifiées et de quartzite. Les dolomies marneuses comportent des cristaux pseudomorphiques de sel. Si dans la localité type son épaisseur est de 189 m, dans la région étudiée elle est d'environ 120 m et augmente vers le Nord dans la région de Soltanieh.

- le terme moyen est représenté par une série de dolomies finement litées, bien stratifiées, gris clair à verdâtres, à patine jaune ou brune, d'épaisseur centimétrique à décimétrique. Ces dolomies sont plutôt péritiques dans la partie la plus inférieure où les cristaux pseudomorphosés de sel sont fréquents. Vers le haut, les barres de dolomies deviennent plus épaisses et contiennent des nodules et des lits de silex parallèles à la stratification. Ces dolomies sont surmontées par une alternance de calcaires gris clair à gris et de calcaires dolomitiques avec lits de silex et traces de Trilobites, d'épaisseur décimétrique. Une couche, d'une épaisseur de 50 cm environ, de calcaire blanc laiteux, recristallisé a été reconnue près du toit de ce terme. Il comporte des Trilobites et des Brachiopodes qui sont rarement visibles à la surface des terrains et qui n'apparaissent qu'en cassure. Ce calcaire à Trilobites et

Brachiopodes est un bon repère dans tous les affleurements de cette formation. Ce terme est plus schisteux au Sud du village de Sinak. Son épaisseur maximum dans la région étudiée est d'environ 185 m. Il est comparable au terme 2 de la Formation de Mila dans sa localité - type où il est moins épais (89 m).

- le terme supérieur manque au Nord-Ouest du village de Kisajin, au Sud et au Nord-Ouest de Qermezabad, mais est bien développé au Sud de Sinak (flanc Nord de Kuh-e-Qarch Chanoq), à 6 km de Qaraqurgan et dans les autres affleurements vers le Nord.

Dans la première localité, il se compose d'une série de calcaires blancs laiteux à rougeâtres qui contiennent des Trilobites et des Brachiopodes. Ailleurs ce sont des calcaires noduleux où l'on voit des intercalations de calcaires dolomitiques d'épaisseur centimétrique. Vers le haut apparaissent 15 m de calcaires gréseux verts à vert clair comportant quelques traces fossiles.

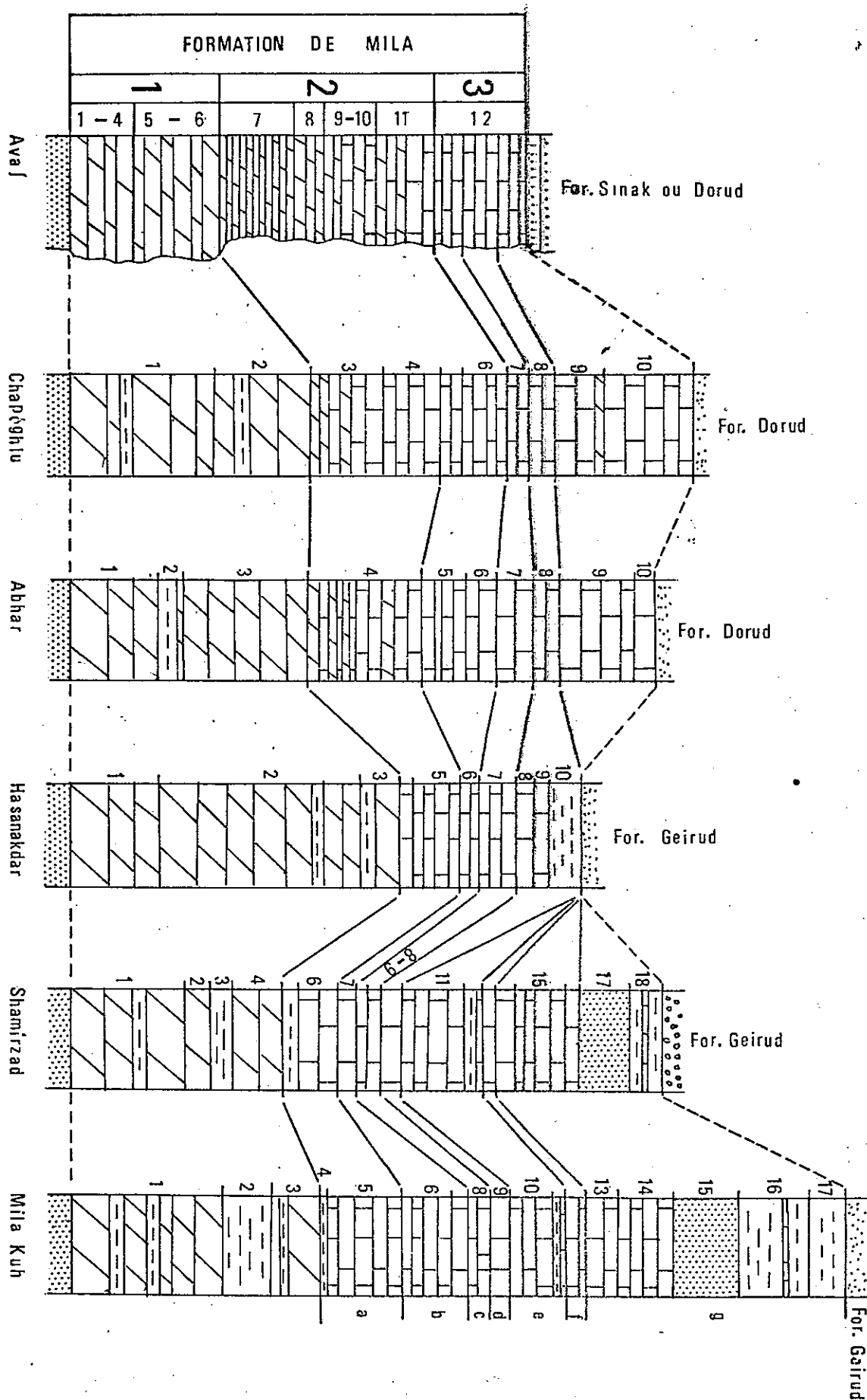
A 6 km au Nord-Ouest de Qaraqurgan et dans les autres localités de la chaîne d'Ab-e-Garm, le terme supérieur de la Formation de Mila consiste en calcaires de couleur caractéristique, verdâtre à gris, rose-rouge et blanc laiteux. Ces calcaires comportent des lentilles de matériaux pélitiques, argileux et même glauconieux. Ces calcaires contiennent de nombreux Trilobites et Brachiopodes. L'épaisseur de ce terme varie de 40 à 80 m. Il est probable que ce terme correspond aux niveaux 3 et, vraisemblablement, 4 de la localité type.

La coupe stratigraphique de la Formation de Mila a été mesurée au Nord-Ouest du village de Kisajin où le terme supérieur manque (fig.14). Mais nous l'avons choisie car les autres coupes de cette formation ne sont pas aussi complètes.

Cette coupe est la suivante, de bas en haut, au-dessus du "Top Quartzite" :

1. Dolomies gréseuses, plus ou moins bréchiques et jaunâtres (1,20 m).
2. Dolomies gréseuses, rougeâtres à rosâtres (1 m).
3. Dolomies jaunâtres finement litées avec des cristaux pseudomorphosés de sel (180m)
4. Dolomies, gris foncé, fines et denses, avec des nodules et des lits de silex d'épaisseur décimétrique (10 m).
5. Dolomies gris foncé, bien stratifiées, en bancs épais. On y voit une intercalation de 50 cm de dolomies ferrugineuses oxydées et une autre de 2 m de dolomies jaunâtres à brunâtres, à grain fin, avec des cristaux pseudomorphosés de sel (17,25 m).
6. Dolomies grises à noirâtres avec des nodules et ses lits de silex (8,75 m).
7. Dolomies jaunâtres à gris clair avec des cristaux pseudomorphosés de sel (1 m).
8. Dolomies noires siliceuses et ferrugineuses (50 cm).
9. Dolomies gris foncé à noirâtres, plus ou moins bréchiques vers le haut (6 m).
10. Dolomies noirâtres, en bancs épais, parfois massifs. On y voit une intercalation de 1 à 5 m de dolomie jaune clair dans sa partie inférieure et une autre dans la partie moyenne. Toutes les deux comportent des cristaux pseudomorphosés de sel (52 m).
11. Dolomies gris foncé à patine brunâtre, en bancs centimétriques à métriques, avec des nodules et des lits de silex parallèles au litage (21 m).
12. Dolomies et dolomies pélitiques de couleur gris clair, brunâtre en surface, d'é-

FIG.14 - Coupes de corrélation de la Formation de Mila dans les régions d'Àvaj, de Zanjan et de l'Alborz



g - Tremadocien
 f } Cambrien supérieur
 e }
 d }
 c }
 b - Cambrien moyen
 a
 Daprès A.Kushan

paisseur centimétrique, avec quelques niveaux de dolomies brun clair et grises avec des nodules de silex vers le haut. Des cristaux pseudomorphosés de sel sont fréquents (63,20 m).

13. Alternance de dolomies péliteuses gris clair et de dolomies grises à verdâtres, à patine brun clair, bien stratifiées, d'épaisseur décimétrique avec de rares traces de cristaux pseudomorphosés de sel (32,80 m).

14. Dolomies de couleur gris clair à jaune avec des lits de silex parallèles au litage. (23,25 m).

15. Alternance de calcaires fracturés gris (les fractures sont perpendiculaires au litage) et de calcaires dolomitiques avec des lits de silex. Parfois les calcaires sont recristallisés et plus ou moins détritiques, avec des fragments de Trilobites (23 m).

16. Calcaires gris, bien lités, d'épaisseur décimétrique. On y voit quatre lits de dolomies brunâtres et jaunâtres et une couche de 50 cm de calcaires recristallisés, altérés, avec des Trilobites et des Brachiopodes vers le haut (44 m).

Le sommet, couvert par des éboulis, n'est pas visible.

Dans la région étudiée, cette formation est surmontée en concordance par la Formation de Dorud (Permien) sauf au Sud du village de Sinak où elle est surmontée par les quartzites et dolomies du Carbonifère. Une grande interruption de sédimentation avec érosion apparaît donc entre ces formations; par conséquent, les terrains du Cambrien supérieur (une partie du terme 4 de la Formation de Mila), de l'Ordovicien, du Silurien et du Dévonien manquent dans cette région. Le contact entre la Formation de Mila et le Permien est bien marqué par la présence d'une série de conglomérats et de grès rouges qui sont bien lités avec des organismes à la base de la Formation de Dorud. Ces couches rouges reposent sur le terme 2 de la Formation de Mila au Nord-Ouest de Kisajin et sur le terme 3 et peut-être 4 de cette formation dans les autres localités, mais sans discordance visible. Le contact entre cette formation et le Carbonifère est bien marqué par la présence d'une série de quartzites blancs et rouges qui reposent sur le terme 3 de la formation sous-jacente. L'épaisseur maximum de cette formation est d'environ 380 m dans notre région.

Fossiles et âge de la Formation de Mila

Les fossiles que nous avons découverts dans la région d'Avaj sont des Trilobites et des Brachiopodes dans les termes 2 et 3. Les Brachiopodes sont en cours de détermination par R.L. Langenhiem de l'Université de l'Illinois, U.S.A. Mais les Trilobites sont les suivantes :

- un échantillon découvert près du sommet du terme 2, au Nord-Ouest du village de Kisajin contient une espèce qui est probablement la même que Chelidonocephalus alifrons King. Elle est associée d'une part à un pygidium épineux incomplet, qui paraît appartenir à une espèce du genre Dorypyge et à un cephalon et d'autre part un pygidium d'un Agnostidé identifiable au genre Peronopsis. Ainsi cet échantillon indique-t-il un âge Cambrien moyen et correspond-t-il à la zone à Dorypyge de Kushan (1973) (fig.14).

- les échantillons qui viennent du Sud du village de Sinak sont les suivants :

1) un échantillon de la base du terme 3 contient un cranidium et plusieurs pygidia d'une espèce du genre Koldiniella complètement différent de toutes les espè-

ces de ce genre décrites par Kushan. Cependant ce genre a été généralement trouvé dans des assises plus anciennes que celles qui renferment les faunes à Prochuangia qui sont caractéristiques de la partie inférieure du Cambrien supérieur.

2) Au-dessus, toujours dans le terme 3, deux échantillons, l'un de même provenance, l'autre récolté au Nord-Ouest du village de Qarehqrgan, contiennent une espèce de Prochuangia et deux autres espèces que l'on peut ranger dans le genre Chuangia. De plus, les deux échantillons renferment un Trilobite particulier que l'on peut rapprocher du genre Paraacidapsis, connu en Chine méridionale et dans la région de Salair au Sud de la Sibérie en U.R.S.S. Il y a également deux formes différentes de Ptychopriorides qui ne sont pas encore connues en Iran et sont en cours d'étude par A.R. Palmer à l'Université de New-York. Enfin on peut encore signaler dans ces échantillons une espèce de Homagnostus et un Pygidium d'une petite forme cf. Phalacroma. L'ensemble de cette faune nous permet de ranger la série dans la partie inférieure du Cambrien supérieur.

Le même résultat a été obtenu dans la région de Soltanieh (Stöcklin et al 1964). D'ailleurs dans la région de Kerman, les Trilobites du Cambrien moyen (zone à Redlichia) ont été découverts par R. Huckriede et al. Ces assises reposent sur les quartzites supérieurs des "Dahu Series" qui sont l'équivalent de la Formation de Lalun.

Il en résulte que la dolomie noire du terme 1 dans la région d'Avaj et même dans l'Azerbeïdjan, ainsi que dans la chaîne de l'Alborz, pourrait avoir un âge Cambrien moyen ou même un peu plus ancien.

Comme nous l'avons déjà dit, le terme 3 de la Formation de Mila dans la région d'Avaj pourrait être équivalent au terme 3 et à la partie inférieure du terme 4 de cette formation dans la localité type.

La partie supérieure du terme 4 et le terme 5 de la Formation de Mila manquent dans la région étudiée à cause d'une érosion post-ordovicienne et anté-carbonifère. Ils manquent aussi dans la région de Zanzan, mais sont bien développés dans la région de Takab où ils contiennent des Graptolites indiquant un âge Ordovicien, de même qu'à Mila-Kuh (localité type).

Les assises du Cambro-Ordovicien ont été décrites par Gansser et Huber (1962) près d'Alam-Kuh (l'Alborz occidental) où elles ont été divisées successivement en deux formations (Hezarchal et Lashkarak). La première est comparable aux termes 1, 2 et 3, comme la Formation de Mila dans la région d'Avaj et la deuxième correspond aux termes 3 et 4 de cette formation.

Assereto 1963 et Gaetani 1965, ont décrit cette formation dans la chaîne de l'Alborz Central, où son terme 5 constitue le sommet du Cambrien, vraisemblablement l'Ordovicien.

La Formation de Mila correspond aux assises du Cambro-Ordovicien de l'Est de l'Iran Central (région de Shirgesht, Ruttner, et al 1968) et a été divisée en trois formations qui sont successivement les Formations de Kalshaneh, Derenjal, et Shirgesht. Le terme 1 de la Formation de Mila dans la région étudiée correspond à la Formation de Kalshaneh et les termes 2, 3 et 4 à celle de Derenjal.

Alavi (1972) dans une partie de l'Iran Central distingue les assises du Cambro-Ordovicien et les divise en deux séries : la Dolomie du Vatan (Cambrien moyen) qu'il compare au terme 1 de la Formation de Mila et à la Formation de Kalshaneh ; et le calcaire et les schistes du Vatan qui correspondent aux termes 2, 5 de la Formation de Mila, et les Formations de Derenjal et de Shirgesht.

Finalement, Kushan (1973) qui a étudié en détail des Trilobites de la Forma-

tion de Mila dans la chaîne de l'Alborz indique sept zones fossilifères allant du Cambrien moyen au Tremadocien.

4 - Paléogéographie du Cambrien

La nature gréseuse des assises du Cambrien inférieur (Formation de Lalun) indique une terre émergée dont l'érosion a alimenté une puissante sédimentation détritique continentale caractérisée par la couleur rouge des sédiments. Steiger (1966) a fait une étude pétrographique et sédimentologique des assises de cette formation, qui permet de comprendre les conditions dans lesquelles elles se sont mises en place. On observe, de la base au sommet de la formation, une diminution de la taille moyenne des grains ainsi que du pourcentage des plagioclases. Ceci indique un ralentissement de la sédimentation. Vraisemblablement à la suite de mouvements épirogéniques, ayant provoqué un rajeunissement du relief, les conditions de sédimentation ont été modifiées, donnant ainsi les assises de quartzites supérieurs. La superposition des sédiments marins du Cambrien moyen et supérieur (Formation de Mila) aux dépôts continentaux de la formation de Lalun témoigne d'une transgression marine dans le territoire iranien durant cette période.

Le Cambrien moyen a été, dans l'ensemble de la région d'Avaj ainsi que dans la chaîne de l'Alborz et à l'Est de l'Iran Central, une période de sédimentation principalement carbonatée, avec formation de puissantes assises dolomitiques. Ce type de dépôt indique l'existence d'une mer peu profonde et sans doute assez chaude, dans laquelle les apports terrigènes étaient relativement très réduits. Mais à partir du Cambrien supérieur la sédimentation carbonatée cède progressivement la place à une sédimentation dans laquelle les apports terrigènes commencent à apparaître. Cette mer continue à l'Ordovicien où les apports terrigènes sont abondants et témoignent, durant cette époque, d'un rajeunissement progressif des reliefs bordant le bassin marin.

Au Cambrien, de même qu'à l'Infracambrien, la partie orientale de l'Iran Central (Kalmorz, Stöcklin 1968) et la région de Maku à l'extrême Nord-Ouest de l'Iran (Bolourchi 1969) étaient émergées. On peut penser que ces zones émergées devaient se prolonger sous la mer vers l'Iran Central (à peu près vers la région de Soh - Zahedi, 1971), déterminant deux zones hautes et séparant un bassin septentrional de l'Alborz d'un autre sud-occidental du Zagros, où les dépôts de cette période sont bien connus.

b - CARBONIFERE

1. Formation de Sinak

Après une émergence qui dure de l'Ordovicien supérieur au Dévonien supérieur, (écho des mouvements calédoniens de l'Europe ?) la mer transgressive du Carbonifère couvre la région d'Avaj. Des dépôts détritiques et marins, de type peu profond, formés essentiellement à leur base de quartzites et de grès quartzitiques et à leur sommet de dolomies et de dolomies gréseuses et calcaires, reposent en concordance sur la Formation de Mila. Comme il n'y a aucune analogie entre les assises de cette formation et celles des autres régions déjà connues dans l'Alborz et l'Azerbeïdjan, nous l'avons nommée "Formation de Sinak", du nom d'un village situé au pied Nord de Kuh-e-Qareh Chango (35° 44' 25" N, 49° 29' 30" E).

Les assises de cette Formation n'affleurent qu'au Sud du village de Sinak (dans la chaîne d'Ab-e-Garm) où l'on peut distinguer :

1.1 Unité inférieure : elle se compose d'une série uniforme de quartzites et de grès quartzitiques. Ils sont principalement rouges à rougeâtres et plus rarement gris clair à blanc laiteux, bien stratifiés et d'épaisseur décimétrique. Généralement ces quartzites ont une texture en mosaïque avec des grains de taille grossière. L'épaisseur de cette unité est d'environ 89 m.

1.2 Unité supérieure : cette unité surmonte la précédente en continuité. Elle comporte à la base des dolomies gréseuses, gris clair à brunâtres et jaunâtres, en bancs épais, denses et partiellement recristallisées. La coupe continue par une série uniforme de dolomies gris clair comportant des nodules de silex. On y observe quelques intercalations de calcaires dolomitiques gris, denses, d'épaisseur décimétrique. Une de ces intercalations contient des fragments de Brachiopodes mal conservés. La partie supérieure de cette unité consiste en dolomies gris clair, fines et bien litées. On y voit quelques intercalations de dolomies gréseuses d'épaisseur décimétrique. L'épaisseur totale de cette unité est d'environ 123 m.

La coupe stratigraphique de cette formation a été mesurée dans le seul affleurement au flanc sud de Kuh-e-Qareh Chango (Fig.15). On y voit, au-dessus des calcaires verdâtres à rosâtres de la Formation de Mila :

1. Quartzites, blancs laiteux, gris clair et bien stratifiés, en bancs d'épaisseur décimétrique (4 m).
2. Quartzites et grès quartzitiques rouges à rouge foncé en bancs moyens (10 m).
3. Quartzites et grès quartzitiques, rougeâtres à blanchâtres (5,80 m).
4. Quartzites à texture en mosaïque, rouges à rougeâtres et bien stratifiés (9,20 m).
5. Quartzites, blancs à gris clair en bancs d'épaisseur décimétrique (18 m).
6. Quartzites, brun clair à blancs avec quelques intercalations de quartzites gréseux bruns à rouges (42 m).
7. Dolomies gréseuses brunâtres, gris clair à jaunâtres avec des nodules de silex en bancs d'épaisseur décimétrique (9,75 m).
8. Dolomies, plus ou moins gréseuses, gris clair, en bancs minces à épais avec des intercalations de dolomies jaunâtres. On y voit des nodules de silex essentiellement près du sommet (21,60 m).

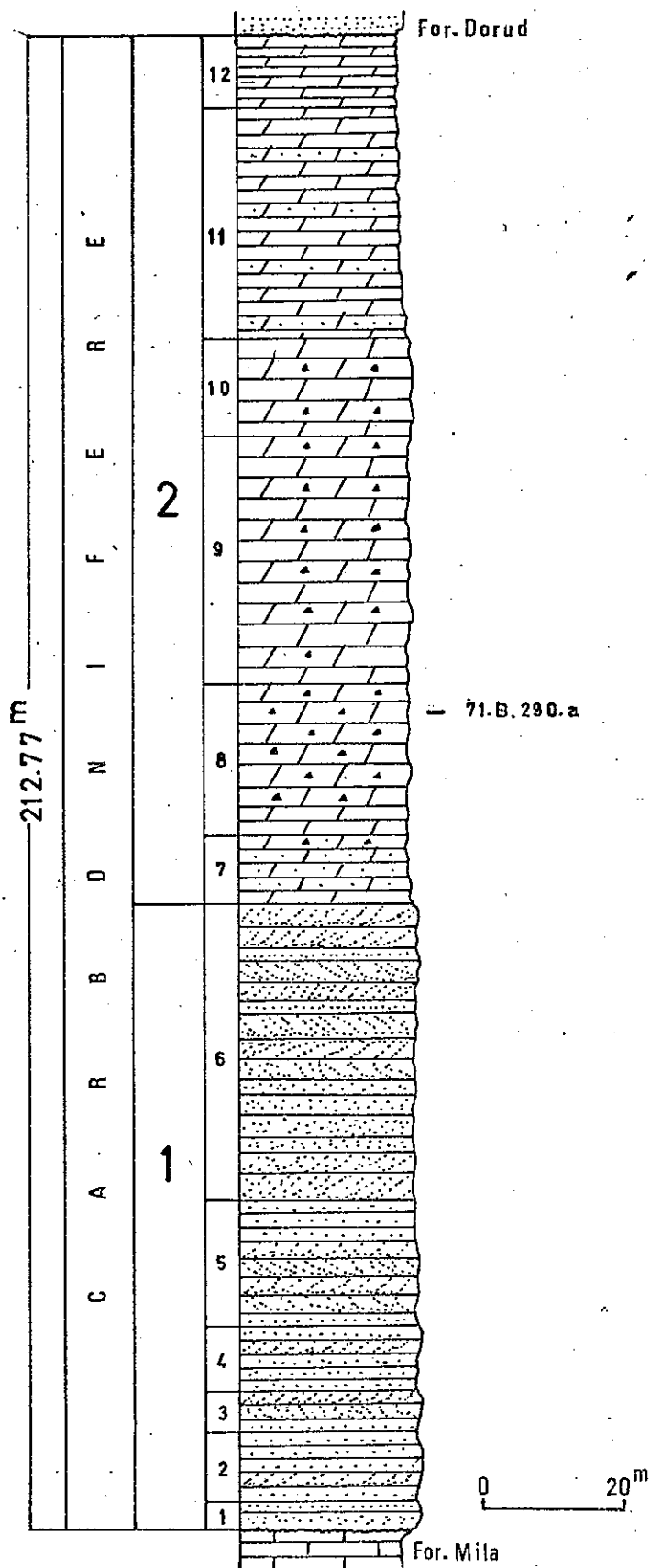


Fig. 15 - Coupe de la Formation de Sinak au Sud du village de Sinak

9. Dolomies gris clair, plus ou moins recristallisées, à grain fin avec une intercalation de 50 cm de dolomie calcaire à la partie inférieure qui contient des fragments de Brachiopodes mal conservés. On y observe aussi quelques intercalations de dolomies grises avec des nodules de silex, en bancs d'épaisseur décimétrique (35,42 m).

10. Dolomies, en bancs épais, à rares nodules de silex (13,70 m).

11. Dolomies verdâtres à gris clair, à grain fin, avec quatre intercalations de dolomies gréseuses (33,30 m).

12. Dolomies jaunâtres, bien stratifiées, en bancs d'épaisseur centimétrique à décimétrique (10 m).

Le sommet de la série n'est pas visible, il est couvert par des éboulis de conglomérats, de grès rouges et de calcaires gris du Permien.

L'épaisseur totale de cette formation atteint 212 m. Elle est surmontée en discordance par la Formation de Dorud (Permien) et surmonte directement la Formation de Mila dans la région étudiée.

2. Age de la Formation de Sinak et comparaison

Cette formation est pauvre au point de vue des faunes. Malgré cela les Brachiopodes que nous avons récoltés dans la seule couche calcaréo-dolomitique, ont été identifiés par R.L. Langenheim, de l'Université de l'Illinois U.S.A. Ces faunes sont les suivantes :

- Chonetidé indéterminable
- Schuchertellidé indéterminable
- Productidé indéterminable
- Forme proche du genre Infltia ou Ovatia
- Forme proche du genre Productus ou Diaphragmus
- Forme proche du genre Dictyoclostus
- Spirifer sp.
- Syringothyris sp.
- Pectinidé.

Finalement, cette faune contient sept espèces de Brachiopodes et un Pectinidé. Tous les fossiles sont épigénisés par de la calcite grossièrement cristalline dans un calcaire silteux ou sableux. Les structures internes sont mal conservées et toute trace de la structure originelle a été détruite. La conservation des côtes et des lignes de croissance est très fruste.

L'abondance et la diversité des Productidés indiquent clairement que cette faune doit être d'âge Carbonifère ou Permien. La présence de Syringothyris sp. et Spirifer sp. pourrait indiquer le Carbonifère inférieur. L'exemplaire de Syringothyris, par contre, pourrait correspondre au gr. Pseudosyringothyris, d'âge vraisemblablement Permien, dont il ne se distingue que par des caractères d'organisation interne. Mais, les exemplaires de Spirifer sp. ont une forme et une ornementation identique à ceux qui sont confinés dans le Carbonifère inférieur. Il semble aussi que l'on puisse attribuer un âge Carbonifère inférieur à la Formation de Sinak, car elle est surmontée par les assises d'âge Permien inférieur de la Formation de Dorud.

Les fossiles que nous avons récoltés dans la coupe de Sinak appartiennent à l'unité 2 sous laquelle existent encore 120 m de dolomies, et 90 m environ de quartzites (unité 1) qui ne comportent aucune trace d'organismes. Ainsi, paraît-il peu raisonnable de la présenter comme une coupe type.

La Formation de Sinak peut être comparée au "Mobarak Limestone" dont le type a été pris par Assereto (1963) et Gaetani (1965) dans la chaîne de l'Alborz Central (voir table 2). Elle est comparable aux termes B et C de la Formation de Geirud de l'Alborz (Assereto 1966) et avec le terme D de la même formation d'après F. Bozor-nia (1973). Le Carbonifère inférieur a été décrit par plusieurs auteurs dans cette chaîne, comme Dellenbach (1964), Glaus (1965), Alavi (1972), etc ... Cette formation correspond à la partie supérieure de la Formation d'Illanqareh (Alavi, Bolourchi, 1973) et aux assises du Carbonifère de Zonoz et des autres localités de l'Azerbeïdjan (Ribén 1935). Elle pourrait aussi être comparée à la partie supérieure de la Formation de Shishtu et à la partie inférieure de celle de Sardar de l'Est de l'Iran Central (Stöcklin et al 1965, et Ruttner et al 1968).

3. Paléogéographie du Carbonifère

La Formation de Sinak dans le domaine étudié et les formations analogues des autres régions de l'Iran, ne présentent pas de variations de faciès remarquables et correspondent presque partout à une sédimentation continentale ou marine mais de type peu profond.

La majeure partie de l'Iran a été couverte par la mer du Carbonifère inférieur. Dans la chaîne de l'Alborz, l'Azerbeïdjan, ainsi que dans l'Est de l'Iran Central, les assises du Carbonifère inférieur reposent en continuité sur les sédiments du Dévonien supérieur et sont surmontées par la série du Permien inférieur. La partie supérieure du Carbonifère n'a pas été observée dans la région d'Avaj et quelques autres parties du pays à cause d'une érosion post-carbonifère et pré-permienne.

Ainsi que nous l'avons déjà mentionné, la région étudiée est demeurée émergée pendant le Silurien et le Dévonien, si bien que le Carbonifère inférieur, par lequel débute la "Formation de Sinak", repose en transgression mais en concordance sur les assises cambriennes de la "Formation de Mila" au Sud de la Faille d'Hassanabad (dans la chaîne d'Ab-e-Garm). Par contre la Formation de Sinak est inconnue au Nord de cette faille, ainsi que dans la chaîne de Soltanieh (Zanjan). Cela montre le jeu ancien de la Faille d'Hassanabad, au moins depuis le Carbonifère inférieur.

[illegible]

Après une émergence presque générale durant le Carbonifère supérieur, la mer transgressive du Permien couvre la région d'Avaj. Les assises du Permien y débutent, comme ailleurs dans la majeure partie du pays, par une série de grès et de conglomérats rouges lithologiquement comparables à ceux de la "Formation de Dorud" de l'Alborz. Les assises fossilifères qui surmontent cette formation présentent des calcaires, des calcaires argileux et des bauxites. La partie inférieure de ces sédiments carbonatés correspond à la "Formation de Ruteh" et sa partie supérieure est équivalente à la "Formation de Nesen" de l'Alborz Central.

Ces formations affleurent successivement dans la chaîne d'Ab-e-Garm au Sud de la Faille d'Hassanabad. Celle de Dorud repose en discordance sur les assises du Carbonifère supérieur et du Cambrien inférieur. Celle de Nesen est surmontée par les sédiments carbonatés du Trias, tandis qu'au Nord de cette faille, la partie supérieure de la Formation de Ruteh et la Formation de Nesen ont disparu à cause de l'érosion post-permienne-prétriasique et peut-être à cause de la phase paléocimmérienne.

1. Formation de Dorud

Cette formation dont le type a été pris par Assereto (1963) près du village de Dorud, dans la chaîne de l'Alborz est bien visible au Sud du village de Sinak, au Nord-Ouest du village de Kisajin et dans quelques affleurements plus au Nord.

1.1 Au Nord-Ouest de Kisajin

Dans cette localité, la Formation de Dorud est représentée par une série de conglomérats et de grès conglomératiques rouges à rouge foncé à la base, que surmontent des assises de grès rouges à grain grossier. Vers le haut, les grès deviennent schisteux et pélitiques et passent à des grès quartzitiques à grain fin, rouges à bruns. Vers le haut, les assises passent progressivement à quelques mètres de calcaires gris à rougeâtres, plus ou moins gréseux, oolitiques et organo-détritiques. Ces calcaires contiennent des Crinoïdes, des Brachiopodes, des Coraux, des fragments de Trilobites mal conservés, non déterminables.

L'épaisseur de cette formation est d'environ 35 m dans cette localité. Elle repose directement en concordance sur le terme 2 de la Formation de Mila et est surmontée par la Formation de Ruteh.

1.2 Au Sud de Sinak

Dans cette localité la Formation de Dorud repose en concordance sur les assises du Carbonifère inférieur (Formation de Sinak). Elle est représentée par des quartzites rouges à la base, qui passent graduellement à des grès, gris clair à verdâtres en cassure, à patine rouge foncé. On y voit quelques intercalations de quartzites rouges à rouge foncé. Au-dessus vient une série uniforme de quartzites rougeâtres à brunâtres. L'épaisseur de cette formation est de 75 m environ dans cette région.

Les calcaires gréseux et oolitiques, ayant fourni des fossiles au Nord-Ouest de Kisajin, manquent ici.

La coupe stratigraphique de la Formation de Dorud qui a été relevée dans cette localité est la suivante de bas en haut et au-dessus des dolomies jaunâtres de la Formation de Sinak :

1. Quartzites rouge foncé (2 m).
2. Quartzites, rouges à rougeâtres, avec quelques intercalations de quartzites gris à verdâtres, en bancs épais, d'épaisseur métrique (26 m).
3. Grès, verdâtres à gris en cassure, à patine brun foncé, plutôt tendres, bien stratifiés. On y observe des intercalations de quartzites (23,90 m).
4. Quartzites uniformes, rouges à rougeâtres, parfois blancs en bancs épais (19 m).

Au-dessus, viennent les calcaires marneux de la Formation de Ruteh.

Age de la Formation de Dorud

Puisque les fossiles que nous avons récoltés dans la Formation de Dorud sont indéterminables, il faut faire intervenir les autres localités de la chaîne de l'Alborz comportant des fossiles bien conservés.

Assereto (1963) y distingue 4 lithozones. La première qui est localement observée en voisinage du village de Dorud, repose sur les assises anciennes en légère discontinuité et est surmontée en discordance par la deuxième. Il convient de dire que celle-ci pourrait être la base de la Formation de Dorud, qui repose sur les assises plus anciennes en faible discordance angulaire. Elle passe successivement à la troisième lithozone, qui est fossilifère, et à la quatrième. N. Fantini-Sestini (1965) a étudié les Brachiopodes et les Lamellibranches de cette formation et les a attribués au Darvasien (Permien inférieur).

Ahmadzadeh (1971) qui a étudié les Conodontes de l'unité 1 de cette formation a supposé un âge Viséen à Namurien inférieur.

F. Bozorgnia (1973) a étudié les foraminifères de l'unité 1 de cette formation dans la chaîne de l'Alborz et propose un âge Namurien inférieur, en la dénommant "Formation de Dozdeband".

Ainsi, la formation de Dorud est-elle comparable avec les unités 2, 4 d'Assereto : elle aurait donc un âge Darvasien inférieur (Permien inférieur) ou un peu plus jeune.

La Formation de Dorud est bien connue dans plusieurs localités de l'Alborz et de l'Azerbeïdjan, mais elle manque dans la région de Maku (Bolourchi, 1969) à cause d'une érosion post-carbonifère-pré-guadalupienne : la Formation de Ruteh repose directement sur les assises du Carbonifère inférieur. Elle manque aussi dans la région d'Abadeh (Taraz 1972). On peut la comparer avec la partie supérieure de la Formation de Sardar et la partie inférieure de la Formation de Jamal de l'Est de l'Iran Central (Stöcklin et al 1965).

2. Formation de Ruteh

Cette formation, qui se compose de calcaires organo-détritiques fossilifères et d'un horizon de bauxite, est équivalente à la "Formation de Ruteh" dont le type a été présenté par Assereto (1963) dans la vallée de Ruteh (Alborz Central).

Dans le domaine étudié, la Formation de Ruteh a été divisée en quatre unités (lithozones) (fig.16). Elle affleure bien au Sud de la Faille d'Hassanabad, dans les mêmes localités que la formation sous-jacente ; mais dans toutes les localités situées au Nord de cette faille, il manque l'unité 4 et une partie de l'unité 3.

2.1 Unité 1

Cette unité est représentée par une couche de calcaire à Crinoïdes, de couleur grise, à patine verdâtre, d'une épaisseur de 40 cm à la base, qui repose en concordance sur la Formation de Dorud. Au-dessus vient une série de calcaires marneux, verts à gris, fins, en bancs minces et bien stratifiés. Vers le haut les bancs calcaires s'épaississent. Elle est surmontée en continuité par l'unité 2 de la Formation de Ruteh. Cette unité a une épaisseur de 50 m, à peu près constante dans la région d'Avaj. Les calcaires contiennent des Brachiopodes, des Crinoïdes, des Bryozoaires, des Zoophycus, des Coraux, des fragments de Trilobites (Pseudophillipsia) et des Foraminifères.

Les microfaunes de cette unité, ont été déterminées par F. Bozorgnia et ont fourni (échantillons 73-B 16a-20, fig.16) :

Langella perforata.
Langella acarina
Langella conica.
Globivalvulina bulloides.
Codonofussiella sp.
Gymnocodium sp.
Endothyra bradyi.
Geinithsina primitiva
Geinithsina uralica.
Textularia sp.
Pachyfelloia sp.

Cette association de fossiles indique un âge Guadalupien inférieur (Lower Ruteh Formation) pour cette unité.

Les macrofossiles ont été étudiés par F. Golshani et donnent le même résultat que les microfaunes :

<u>Dictyoclostus</u> sp.	(Voir planche 1)
<u>Orthoethetina eusarkos</u> (Abich)	" "
<u>Orthoethetina</u> sp.	" "
<u>Juresania</u> sp.	" "
<u>Fenestrellina</u> aff. <u>perelegans</u>	
<u>Margenifera</u> sp.	

2.2 Unité 2

Elle se compose de calcaires dolomitiques gris clair à blanc laiteux, quelquefois jaunes à brunâtres, en bancs épais, qui passent progressivement vers le haut à des calcaires. Morphologiquement cette unité est un bon niveau-repère dans la chaîne d'Ab-e-Garm ainsi que dans la région voisine (Zanjan). Ce niveau constitue le mur de la bauxite (unité 3). L'épaisseur de cette unité est bien variable. Elle est de 12 - 18 m environ au Nord-Ouest du village de Kisajin et vers la limite septentrionale du territoire étudié ; tandis qu'au Sud du village de Sinak, elle atteint 70 m. L'érosion superficielle est responsable de la variation d'épaisseur des roches carbonatées de cette unité. La dernière assise de calcaire est nettement marquée par ce phénomène. Elle repose en continuité sur l'Unité 1 et surmonte en légère discordance l'unité 3. Elle n'est pas riche en fossiles et on y voit seulement quelques microfaunes qui ont été également identifiées par F. Bozorgnia et indiquent encore un âge Guadalupien (Echantillons 73.B.21-22) :

Pachyfelloia sp.

Globivalvulina graeca
Globivalvulina bulloïdes
Fusulinidés indet.

2.3 Unité 3 (Horizon de Bauxite)

Elle est représentée par de la bauxite rouge à rouge foncé, d'allure lenticulaire, qui repose en concordance sur une surface d'érosion et d'altération des calcaires de l'unité précédente. La partie supérieure de cette unité est gris clair à verdâtre (50 cm environ). L'épaisseur de cet horizon est variable (environ 50 - 250 cm).

Elle affleure au Nord-Ouest du village de Kisajin, où son épaisseur est maximale : au contraire les assises carbonatées de l'unité précédente ne sont pas épaisses (12 - 18 m). Vers le Nord, on la rencontre au sommet du Kuh-e-Seyah, où le toit de la bauxite a été érodé. Un autre affleurement de cet horizon a été signalé dans le flanc Nord de Kuh-e-Qareh Chango (Sud-Ouest du village de Sinak). Il est fait de minces lentilles, tandis que son mur (unité 2) est assez épais (environ 70 m). Par conséquent, là où les assises carbonatées de l'unité 2 deviennent plus épaisses, l'horizon de bauxite serait mince et réciproquement.

La couleur de la bauxite est rouge à rouge foncé à cause du pourcentage d'oxyde de fer. Sa texture est oolitique, la distribution et la concentration des oolites varient dans les différentes parties de la roche. Généralement les oolites se situent dans une matrice qui a la même composition que les oolites, mais parfois il n'y a que les oolites. Les résultats de plusieurs analyses chimiques montrent que la meilleure bauxite se compose de petites oolites.

L'hydroxyde d'aluminium est du diaspore et, dans les gangues on trouve : Kaolinite, chlorite, mica, hématite, géothite, anatase et rutile. Nous reprendrons cette question des bauxites permienes dans le chapitre consacré à la géologie économique.

Cette unité est surmontée en concordance par les calcaires de l'unité 4 de la Formation de Ruteh.

2.4 Unité 4

Cette unité est représentée par une série de calcaires biogéniques, plus ou moins détritiques, gris et bien stratifiés dans leur partie inférieure. Elle a environ 120 m d'épaisseur et repose en légère discordance sur l'unité 3 par la Formation de Nesen. Les calcaires contiennent des fragments de Brachiopodes, de Coraux, des Zoophycus et sont assez riches en Foraminifères. Les microfaunes que nous avons récoltées dans les calcaires montrent l'âge Guadalupien supérieur (Upper Ruteh Formation). Ce sont (Echantillons 73.B.23-26) :

Gymnocodium sp.
Permocalculus sp.
Neoendothyra brunimeni
Neoendothyra riecheli
Neoendothyra parva
Pachyfeffoia cukurkoyi
Pachyfeffoia iranica
Endothyra bradyi
Vermiporella nipponica
Eutuberithina bulbacea

Nankinella sp.
Stafella sp.
Climacamina major
Climacomina sp.
Langella cukurkoyi.
Agathamina sp.
Globivalvulina sp. (det. F. Bozorgnia)

Dans sa partie moyenne, cette unité se compose de calcaire gris, en bancs d'épaisseur décimétrique. Ils contiennent de rares fragments de Trilobites et de Coraux à leur base. Vers le haut on y observe des nodules de silex et quelques Brachiopodes. Ce calcaire est également riche en Foraminifères. Un échantillon (73 B 27) de cette unité contient les microfaunes suivantes qui donnent le même âge que la partie inférieure de l'unité 3 :

Protonodosaria sp.
Glomospirella sp.
Donbarulla sp.
Neoendothyra bronimeni.
Neoendothyra riecheli.
Neoendothyra parva.
Globivalvulina bulloides
Eutuberithina bradyi.
Pachyfelloia sp. (det. F. Bozorgnia)

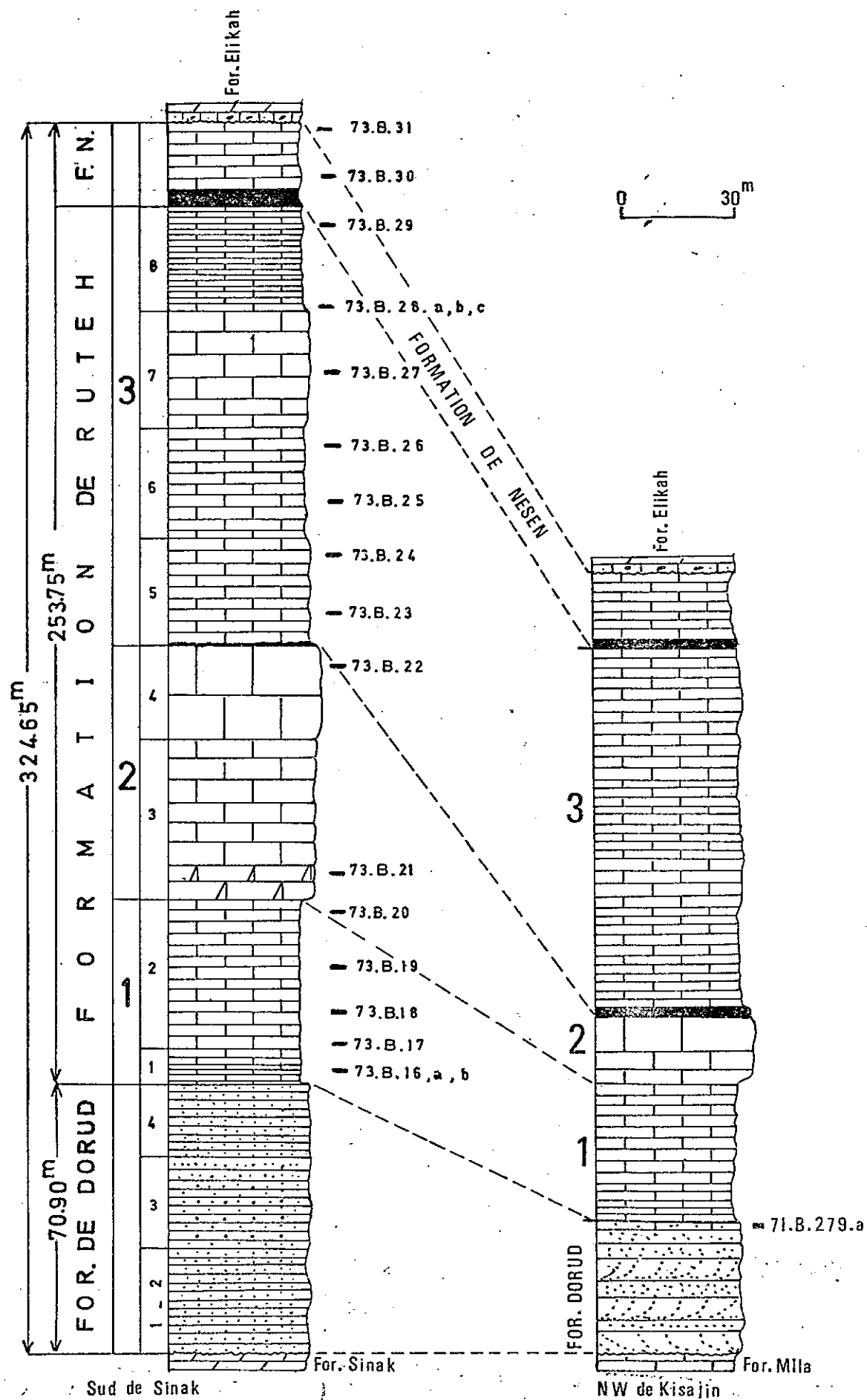
La partie supérieure de cette unité est caractérisée par des calcaires biogéniques et organo-détritiques, des calcaires marneux, en bancs minces (10 - 20 cm) et bien stratifiés. Ces calcaires contiennent des Hexacoralliaires, des Gastéropodes et des Foraminifères. Les microfaunes qui ont été identifiées par F. Bozorgnia, montrent encore le Guadalupien supérieur. Les échantillons 73 B 28a 29 contiennent plusieurs formes qui se rencontrent aussi dans les parties inférieure et moyenne de cette unité. Pour cette raison, nous donnons ici que les formes qui se trouvent seulement dans la partie supérieure :

Cribrogenerina summatrana
Calerina sp.
Kahlerina sp.
Geinityna sp.
Eutuberithina reithingerae
Globivalvulina cf. bulloides
Pachyfelloia cf. pedicula
Endothyra sp.
Hemigordius sp.

La coupe stratigraphique de la Formation de Ruteh a été relevée au Sud-Ouest du village de Sinak (fig.16). Au-dessus des quartzites rougeâtres et blanc laiteux de la Formation de Dorud, viennent :

1. Calcaires à crinoïdes, verdâtres à gris clair, d'une épaisseur d'environ 40 cm, surmontés par des calcaires et calcaires marneux (9 m).
2. Calcaires gris clair à gris, bien stratifiés, avec Brachiopodes, Coraux, Crinoïdes, Zoophycus, Trilobites, Bryozoaires et Algues (39,30 m).
3. Calcaires, gris clair et blanc laiteux, en bancs épais, parfois massifs et diaclasés. Ces calcaires sont dolomitiques dans leur partie inférieure. Les diaclases sont perpendiculaires au litage (42,50 m).

FIG.16 - Corrélation entre les formations du Permien dans la région d'Aval



4. Calcaires, gris clair, massifs, plus ou moins recristallisés avec des traces d'organismes (24,60 m).
5. Calcaires, gris, bien stratifiés avec Zoophycus, coraux, rares fragments de Brachiopodes, mais abondantes microfaunes (27,75 m).
6. Même faciès que précédemment, mais avec quelques nodules de silex (29,40 m).
7. Calcaires gris, en bancs épais, avec fragments de Trilobites à leur partie inférieure : Brachiopodes et nodules de silex à leur partie supérieure (31 m).
8. Calcaires gris à gris foncé, en bancs minces (d'épaisseur centimétrique à décimétrique), avec Hexacoralliaires, Gastéropodes, Verbeckina accompagnés d'une riche microfaune (27,20 m).

Au-dessus vient le niveau de la Formation de Nesen.

La Formation de Ruteh n'est pas très épaisse ici (230 m environ), tandis que dans la localité type, cette épaisseur est de 350 m et dans la région de Maku (Boulouchi 1969) elle atteint 1 000 m. Cette Formation repose en discordance sur la Formation précédente et est surmontée aussi en discordance par la Formation de Nesen.

Age de la Formation de Ruteh

Dans le territoire étudié, l'âge de la Formation de Ruteh est Guadalupien, comme nous l'avons déjà indiqué. Tandis que dans la chaîne de l'Alborz, elle débute probablement à l'Artinskien (Assereto 1963, F. Bozorgnia 1973).

Dans la région d'Avaj, les associations de fossiles des unités 1,2, indiquent un âge Guadalupien inférieur qui pourrait être l'équivalent du Morghabien moyen d'Afghanistan Central (Lys et De Lapparent 1971) et des "Gnishik beds" de Julfa (DL Stepanov et al 1969). Les fossiles de l'unité 4, caractérisés par la présence de différentes espèces de Néoendothyra indiquent le Guadalupien supérieur. Celui-ci est équivalent du Morghabien supérieur d'Afghanistan Central. Le genre Néoendothyra a été décrit dans les "Khachik beds" du territoire de Transcaucasie (Reitling, 1965) ; aussi l'unité 3 correspond-elle au "Khachik beds". Elle correspond à une partie de la Formation de Jamal de l'Est iranien (Stöcklin et al 1965).

Ainsi que nous l'avons déjà indiqué, l'âge de la Formation de Dorud est Darvasien inférieur ou un peu plus jeune et celui de la Formation de Ruteh Guadalupien. Il convient de dire que la transgression marine du Permien inférieur était en retard dans le domaine étudié (fig.17), si bien que les assises marines du Darvasien supérieur (Artinskien) ne se sont pas déposées.

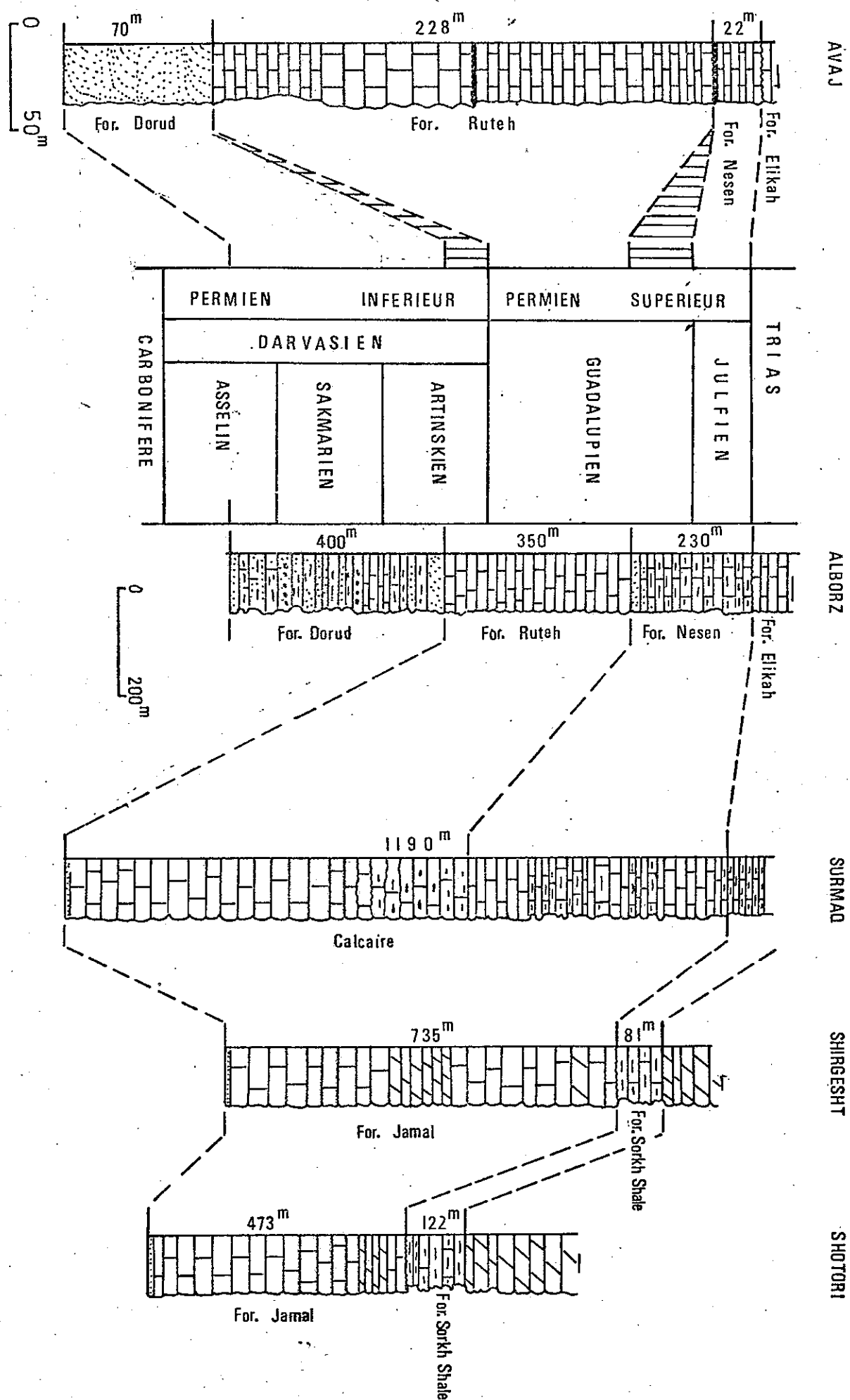
La Formation de Ruteh est bien développée dans la chaîne de l'Alborz et l'Azerbeïdjan où je l'ai visitée.

3. Formation de Nesen

Cette formation, dont le type a été pris par Glaus (1964) à 14 km au Nord-Ouest du village de Nesen (dans la vallée de Nur, chaîne de l'Alborz Central), se compose successivement de schistes et de calcaires qui reposent en concordance sur les roches volcaniques de la Formation de Ruteh.

Dans la région d'Avaj elle n'affleure que dans deux localités au Sud de la

FIG. 17—CORRELATION DES FORMATIONS DU PERMIEN EN IRAN



Faïlle d'Hassanabad (Nord-Ouest du village Kisajin et Sud-Ouest de celui de Sinak) où elle repose sur la surface d'érosion de la formation sous-jacente et est surmontée en discordance par les assises carbonatées du Trias. Elle a été divisée en deux unités, l'une de bauxite et l'autre de calcaire :

3.1 Unité 1 (Horizon de Bauxite)

Cette unité affleure bien dans le flanc nord du Kuh-e-Qareh Chango (Sud de Sinak). Elle est caractérisée par la présence d'un horizon de bauxite rouge à rougeâtre, lenticulaire, donc d'épaisseur variable (entre 1 et 3 m). Les caractères de cet horizon sont plus ou moins les mêmes que ceux de l'unité 3 de la Formation de Ruteh.

Cette unité repose sur la surface érodée des calcaires de la Formation sous-jacente et est surmontée par les calcaires marneux (unité 2) de la Formation de Nesen.

3.2 Unité 2

Elle est représentée par une série uniforme de calcaires et de calcaires argileux, gris clair, minces et bien stratifiés qui reposent sur l'unité 1 et sont surmontés en concordance par les assises du Trias inférieur. Généralement ces calcaires sont fracturés, tendres et riches en microfaune. Ils contiennent aussi quelques Gastéropodes indéterminables. Cette unité n'est pas très épaisse ; son épaisseur maximale est de 20 m.

Les microfaunes ont été identifiées par F. Bozorgnia et sont les suivantes (73.B.30 et 31) :

Pachyfelloia iranica
Langella cukurköyi
Paraglobivalvulina mira
Staffela sp.
Reichelina sp.
Globivalvulina graeca
Paleofusulina sp.
Fronidina permica

73.B.31 près du toit de cette Formation :

Baesalina sp.
Dagmarina chanakclinensis
Vermiporella nipponica
Pachyfelloia cukurköyi
Permocalculus sp.
Palcofusulina sp.
Gymnocodium sp.
Langella sp.
Echtyolaria latilimbata

Cette microfaune montre un âge Julfien (Permien supérieur) si bien que cette unité pourrait être l'équivalent du Julfien inférieur de "Chanakchen beds" de Transcaucasie (d'après F. Bozorgnia).

La coupe stratigraphique de la Formation de Nesen a été relevée dans la même localité que la formation sous-jacente (fig.16). Cette coupe est la suivante, au-dessus du calcaire gris à gris foncé de la Formation de Ruteh, on trouve :

1. Bauxite rouge à rouge foncé, lenticulaire. Vers le haut, elle devient parfois grise à gris clair et verdâtre (± 3 m).

2. Calcaire et calcaires marneux, gris clair, en bancs minces et bien stratifiés. Ils contiennent des Gastéropodes mal conservés et une riche microfaune.

Au-dessus viennent les calcaires à patine ferrugineuse, à Gastéropodes et les calcaires vermiculaires du Trias.

La Formation de Nesen n'est pas épaisse dans la région d'Avaj (23 m environ), tandis que dans la localité type elle dépasse 200 m. Elle se réduit vers l'Est (Emam Zadeh Hashim) où Assereto l'a décrite. Dans la région d'Abadeh (environ 200 km de Shiraz) elle atteint 379 m.

Comme la formation de Nesen est encadrée par deux discordances, on pourrait penser que ses variations d'épaisseur pourraient dépendre de l'interruption de la sédimentation et de l'érosion éventuelle connexe. Cette formation correspond aux "Julfien beds" de D.L. Stepanov et al (1969) sauf pour ce qui concerne le passage du Permien au Trias. Elle correspond aussi aux unités 6, 7 de la coupe du Permien de la région d'Abadeh (fig.17).

Les assises qui pourraient être l'équivalent de la Formation d'Abadeh (voir Taraz, 1972) ne sont pas visibles dans la région étudiée. Comme il y a interruption de sédimentation ainsi qu'érosion, il est possible que cette Formation d'Abadeh se soit déposée mais qu'elle ait été érodée.

Stepanov, Golshani, Stöcklin (1969) ont étudié la Formation de Nesen et proposent de limiter cette dénomination à sa partie supérieure.

La Formation de Nesen est bien connue dans la chaîne de l'Alborz où elle repose transgressivement sur les Formations de Ruteh, de Dorud et même sur les assises du Carbonifère (Mobarak Limestone).

4. Paléogéographie du Permien

Après une émergence presque générale au Carbonifère supérieur, émergence qui peut être mise en relation avec les mouvements orogéniques hercyniens dans d'autres régions du globe, la mer transgressive du Permien recouvre à nouveau la région d'Avaj ainsi que la majeure partie de l'Iran. Il semble que cette transgression, dans la chaîne de l'Alborz et de l'Azerbeïdjan, se faisait d'Est en Ouest. Elle a commencé par les dépôts terrigènes de la Formation de Dorud du Darvasien inférieur (Sakamarien) et continue par des assises de mer peu profonde, formées essentiellement de calcaires du Darvasien supérieur (Artinskien) jusqu'au Julfien, dans la chaîne de l'Alborz central ; mais dans la région d'Avaj, les dépôts marins vont du Guadalupien au Julfien.

Habituellement, les différents horizons du Permien reposent sur les assises du Paléozoïque et du Précambrien.

En ce qui concerne la région d'Avaj, nous avons distingué une discordance générale à la base du Permien ainsi que dans la plupart de l'Iran et deux autres discordances moins importantes et plus locales en raison de la mobilité de cette région. Ces deux autres se situent respectivement entre le Guadalupien inférieur et supérieur (unité 3 de la Formation de Ruteh) et à partir du Julfien (unité 1 de la Formation de Nesen) où se forment les horizons de bauxite. Ces mouvements ne sont connus qu'au Sud de 37° de latitude Nord, dans la région de l'Azerbeïdjan (région de l'Est Takab, Bolourchi, région de Mahabad J. Eftekhari-Nejad 1974). Cela indique que la région a

été émergée plusieurs fois et que l'érosion et l'altération correspondantes ont produit les horizons de bauxite.

En ce qui concerne la lacune stratigraphique de l'unité 4, d'une partie de l'unité 3 de la Formation de Ruteh, et de la Formation de Nesen au Nord de la Faille d'Hassanabad dans la région étudiée et même dans la chaîne de Soltanieh (Zanjan), il convient de dire que cette lacune est liée au jeu de la faille. Il semble que ces niveaux se soient déposés, peut être en couches moins épaisses que sur le bord méridional de la faille, mais en raison d'une émergence à la limite Permien-Trias (peut être liée à la phase paléocimmérienne), ces niveaux ont été érodés. On ne peut cependant exclure une véritable lacune stratigraphique.

Dans quelques régions de l'Iran, on observe une discordance faible entre le Permien et les assises plus anciennes (Assereto 1963 dans la chaîne de l'Alborz). Dans la région de Takab, je l'ai reconnue personnellement (1965). Elle est assez forte sur les socles métamorphiques précambriens (O. Thiele et al 1968 dans la région de Golpayegan, A. Haghipour, 1971 à l'Ouest de Rezayeh). Il est probable qu'on l'observe aussi dans l'Est de l'Iran Central.

Ainsi que nous l'avons déjà indiqué, les assises du Permien sont connues partout, dans l'Alborz, l'Azerbeïdjan, l'Iran Central et même dans la chaîne du Zagros (G.S. James et J.G. Wynd 1965).

d - CONCLUSION GENERALE SUR LE PALEOZOIQUE

Les études lithologiques et stratigraphiques du Paléozoïque dans la région d'Avaj, montrent que jusqu'à la fin du Cambrien inférieur (Formation de Lalun et Quartzite supérieur) les conditions sont les mêmes que dans le Nord de l'Iran, l'Azerbeïdjan et l'Iran Central. Mais au début du Cambrien moyen un accident a dû séparer le bassin de l'Alborz-Azerbeïdjan et celui de l'Iran Central. Pour cette raison toutes les formations du Paléozoïque du domaine étudié et même au-delà vers le Sud-Est, ressemblent à celle de l'Alborz, tandis qu'elles n'ont pas de relations avec celles de l'Iran Central. Ainsi la mer du Paléozoïque qui couvrait le territoire d'Avaj, pourrait venir du Nord de l'Iran (chaîne de l'Alborz).

D - MESOZOIQUE

Les assises du Mésozoïque sont bien développées dans la zone d'Ab-e-Garm. Elles y débutent par les dolomies uniformes du Trias inférieur et moyen (que l'on peut comparer à la "Formation d'Elikah" de l'Alborz). Celles-ci reposent en discordance sur la formation de Nesen (Permien supérieur) et sont surmontées en légère discordance angulaire par une série continentale de grès et schistes gréseux du Rhétien et du Lias qui correspondent à la "Formation de Shemshak" de l'Alborz et même de l'Iran Central. Celles-ci passent graduellement à des calcaires et calcaires argileux à Ammonites du Jurassique moyen, comparables à la "Formation de Dalichai" qui sont surmontés en continuité par les dolomies et calcaires de type peu profond du Jurassique supérieur, qui correspondent à la "Formation de Lar" de l'Alborz. A la partie supérieure de celle-ci, on voit généralement des marnes et localement, des gypses et des roches volcaniques. Les terrains du Jurassique ont été recouverts en discordance angulaire par les assises continentales (grès et conglomérats) et marines de type peu profond (calcaires et calcaires argileux) du Crétacé inférieur. Ces calcaires sont habituellement accompagnés de roches volcaniques. La mer transgressive du Crétacé supérieur couvre à nouveau la majeure partie de cette zone, et les différents horizons du Crétacé inférieur. Ce sont des dépôts détritiques et marins de type plus ou moins profond, formés essentiellement à leur base de calcaires gréseux et glauconieux, passant à des calcaires et des marnes, puis à leur sommet, à des calcaires détritiques à Brachiopodes et Hippurites.

Dans la zone de Razan les assises du Trias inférieur et moyen et même la base de la série Trias supérieur - Jurassique n'affleurent pas. En général ces terrains se composent de schistes légèrement métamorphisés avec des intercalations de roches volcaniques. Ces schistes sont surmontés aussi en discordance par des calcaires détritiques et des schistes du Crétacé inférieur qui sont à leur tour légèrement métamorphisés. Le Crétacé supérieur manque dans cette zone.

a - LE TRIAS DANS LA ZONE D'AB-E-GARM

1. La Formation d'Elikah

Les assises du Trias inférieur et moyen sont représentées par une série de calcaires, et de dolomies à faciès uniforme. L'ensemble est lithologiquement comparable à la "Formation d'Elikah" dont le type a été proposé par Glaus (1964) dans la partie Centrale de la chaîne de l'Alborz (près du village d'Elikah, sur la route de Téhéran à Chalus).

Cette formation n'affleure qu'au Sud de la faille d'Hassanabad, et seulement dans trois localités :

- sur le versant septentrional de Kuh-e-Qareh Chango et au Nord-Ouest du village de Kisajin, où elle repose en discordance sur les terrains du Permien supérieur (Formation de Nesen) et est surmontée par les assises continentales du Jurassique inférieur (Formation de Shemshak).

- au Sud du village de Qamishlu, où elle est assez écrasée et vient en contact avec le Jurassique inférieur par une faille.

Lithologiquement elle peut être subdivisée en deux unités carbonatées distinctes, l'une calcaire, l'autre dolomitique (fig.18).

1.1 Unité A

Cette unité est représentée par des calcaires caractéristiques, oolitiques, bien stratifiés à leur base, avec un lit de calcaire à petits Gastéropodes, à rognons d'oxyde de fer. Son épaisseur varie de 0,5 à 1,5 m. Toutes les coquilles de Gastéropodes sont remplacées par de l'oxyde de fer. Vers le haut, la série continue par des calcaires vermiculés (voir planche 1), accompagnés d'intercalations de calcaires à Pélécypodes (voir planche 1), avec quelques couches de calcaires dolomitiques jaunâtres. Leur partie supérieure se compose d'une série uniforme de dolomies et de calcaires dolomitiques de couleur grise, à patine gris clair, d'épaisseur centimétrique à décimétrique. On y voit quelques intercalations de calcaires en bancs assez minces. Cette unité repose en discordance sur le Permien dans les deux localités déjà mentionnées. Ainsi la partie supérieure de la formation de Nesen (Julfien) et les couches de passage du Permo-Trias qui sont bien connues à Julfa (dans la région d'Azerbeïdjan, Stepanov et al 1969) et dans la région de Deh Bid (200 km au Nord de Shiraz, Taraz 1969) manquent ici. Cette unité est surmontée en continuité par l'ensemble sus-jacent. Elle n'est pas très épaisse (environ 86 m).

1.2 Unité B

Il s'agit d'une série uniforme de dolomies grises, finement litées, parfois diaclasées, et légèrement bréchiques. Elle repose progressivement sur l'unité précédente. Généralement les diaclases sont perpendiculaires ou parallèles au litage. Vers le haut, les dolomies deviennent rubanées. Elles continuent par des dolomies bréchiques et diaclasées. On y voit des nodules de silex. La partie supérieure de cette unité consiste en dolomies grises à gris clair, assez fines et bien stratifiées. Elle est plus épaisse que l'unité précédente (320 m).

Cette unité est surmontée, en légère discordance au Nord-Ouest du village de Kisajin, par des grès à plantes du Jurassique inférieur (Formation de Shemshak). Un niveau-repère de bauxite marque la discordance. Sur le versant septentrional de Kuh-e-Qareh Chango le contact supérieur de cette unité est faillé.

Au Sud du village de Qamishlu, la formation d'Elikah est fortement écrasée. Sa partie inférieure n'affleure pas nettement et vient en contact par faille contre le Lias.

La coupe stratigraphique de la formation d'Elikah a été prise au Nord-Ouest du village de Kisajin, où elle est complète (fig.18).

Au-dessus des calcaires argileux de la formation de Nesen, viennent :

1. Calcaires en partie oolitiques, avec un lit de calcaire à Gastéropodes hématisés (0,5 à 1,5 m), et quelques minces couches de calcaires vermiculés et de calcaires à Pelecypodes (23,40 m).
2. Dolomies de couleur grise, bien litées, avec quelques lits de calcaires d'épaisseur métrique (63 m).
3. Dolomies gris clair, fortement diaclasées, bréchiques à leur base (14 m).
4. Dolomies uniformes d'épaisseur décimétrique (16 m).
5. Dolomies grises, diaclasées et bréchiques (18,70 m).
6. Dolomies avec quelques intercalations de niveaux diaclasés et bréchiques. Les diaclases sont perpendiculaires au litage (15,75 m).

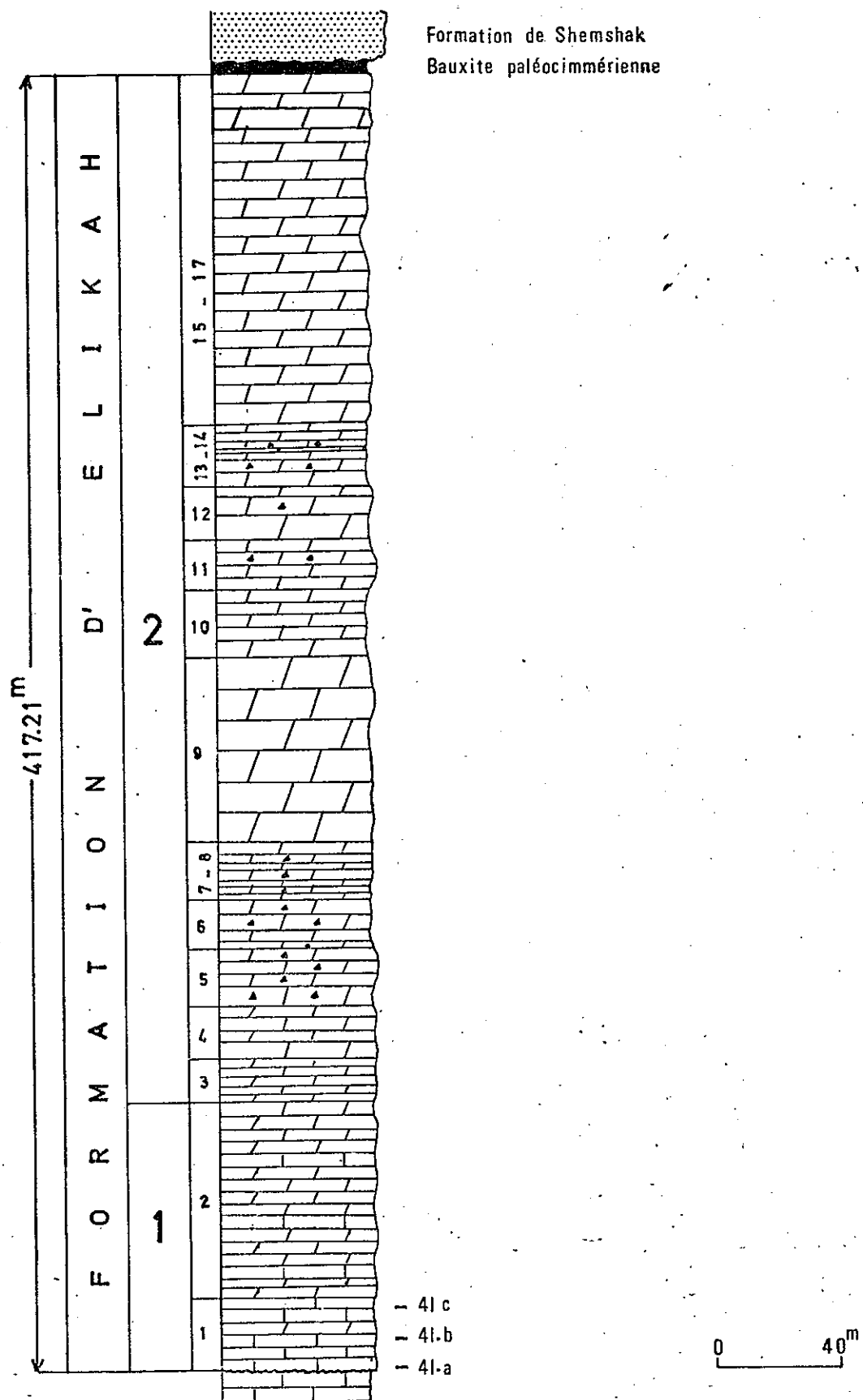


Fig.18 - Coupe stratigraphique du Trias au NW du village de Kisalin

7. Dolomies grises, parfois rubanées avec quelques couches bréchiques d'épaisseur décimétrique (16,45 m).

8. Dolomies grises diaclasées (2 m).

9. Dolomies de couleur gris clair, à patine jaunâtre, avec des nodules de silex, en bancs d'épaisseur décimétrique (60 m).

10.11. Dolomies grises à jaunâtres avec deux niveaux bréchiques (38,55 m).

12.13. Dolomies grises fortement diaclasées, parfois bréchiques (34,40 m).

14. Dolomies rouges hématisées (2 m).

15. Dolomies grises à grain fin avec quelques niveaux jaune clair (98 m).

16. Dolomies de couleur gris clair à jaune, bien stratifiées (12 m).

Au-dessus vient l'horizon de la bauxite paléocimmérienne.

L'épaisseur de la Formation d'Elikah dans le domaine étudié est d'environ 420 m ; tandis que dans la localité type, elle atteint 300 m et au Sud de Téhéran, 800 m (Dellebach 1964).

2 - Age de la Formation d'Elikah et comparaison

Les calcaires et dolomies du Trias de la région d'Avaj n'ont pas fourni de fossiles caractéristiques. Tout au plus observe-t-on des pistes de vers dans les plans de stratification et des coquilles de Lamellibranches ou de petits Gastéropodes dans quelques lits de la partie inférieure de la formation ; mais ces faunes ne sont pas déterminables spécifiquement.

L'âge triasique est déduit de la superposition de la formation sur celle de Nesen bien datée du Julfien par sa microfaune. L'assimilation du Trias de la région d'Avaj à la formation d'Elikah résulte aussi de la comparaison des faciès. Rappelons en effet que, dans la localité type, la formation d'Elikah comprend une partie inférieure, surtout calcaire, datée du Trias inférieur, et une partie supérieure, surtout dolomitique attribuée au Trias moyen. Mais Steiger (1966) a décrit une partie calcaire qui vient au-dessus de la partie dolomitique du Trias moyen dans la région de Firuzkuh. K. Seyed-Emami (1971) a attribué cette partie vraisemblablement au Trias supérieur. P. Brönniman (com. pers.) a trouvé des Foraminifères du Norien dans la même unité de calcaires au sommet de la formation d'Elikah, dans la même région que Steiger. Egalement E. Cartier (1971) a trouvé des Ammonites du Trias supérieur dans la région de Chalus. J. Wiedmann (1970) a décrit une seule Ammonite : Phyllytoceras intermedium Wiedmann du Karnien dans la région de Galanderud.

Le Trias de la région d'Avaj, dans la zone d'Ab-e-Garm, montre effectivement une partie calcaire inférieure (Unité 1) dans laquelle on retrouve des bancs à pistes de vers rappelant tout à fait les "calcaires vermiculés" du membre inférieur de la formation d'Elikah. Elle est comparable aussi à la formation de Shork Shale (Trias inférieur des Shotori Range, Stöcklin et al 1965).

Il montre aussi une partie supérieure dolomitique (Unité 2) qui n'a fourni aucun fossile, mais dont les faciès rappellent ceux exemplés du membre dolomitique de la formation d'Elikah. Elle correspond aussi à la formation de Shotori des Shotori Ranges. Par contre le Trias supérieur manque, non seulement dans cette zone, mais également plus ou moins dans la région de l'Alborz et la majeure partie de l'Azerbeïdjan (voir fig.19).

Dans la zone de Razan on observe une série schisteuse assez épaisse, faiblement métamorphisée, du Trias supérieur-Jurassique (voir plus loin). Il est probable que la partie inférieure de cette série corresponde à la Formation de Nayband de l'Est de l'Iran Central (voir tableau 3).

Une des meilleures coupes de Trias, assez fossilifère vient d'être décrite dans la région de Nakhlah (Davoudzadeh et al 1972). On y distingue trois formations qui ont été groupées sous le nom de "Nakhlak Group" (voir Tableau 3). Ce sont : les formations d'Alam, de Bagorog et celle d'Ashin. La base de la formation d'Alam n'affleure pas. Une discordance angulaire nette sépare la formation de Bagorog de la formation sous-jacente. Cette discordance est observée à peu près partout dans l'Iran Central, où l'on voit surtout un horizon de bauxite dans cet intervalle. Mais dans les régions de Tafresh (Hadjian 1970) et de Soh (Zahedi 1971), on a décrit une continuité de sédimentation entre le Trias moyen et supérieur. La formation d'Alam, qui a fourni une faune du Scythien moyen (Olenekien) à l'Anisien, correspond à la Formation d'Elikah de notre domaine.

3. Paléogéographie du Trias

3.1. Au Trias inférieur, les conditions paléogéographiques existantes ont déterminé deux grands types principaux de sédimentation.

- Dans les domaines où la sédimentation a été continue entre le Permien et le Trias, c'est-à-dire dans ceux qui n'ont pas été émergés vers la fin du Permien sous l'effet de mouvements épirogéniques, le Trias est représenté par des sédiments carbonatés qui ne comportent pas d'éléments terrigènes abondants. On en voit dans les régions de Julfa (Nord-Ouest de l'Iran, Stepanov et al 1969), de Surmay-Deh Bid (200 km au Nord de Shiraz, Taraz 1972), près d'Isfahan (Zahedi et al 1969) et enfin dans le Zagros (James et Wynd 1965), où le Trias inférieur se compose de sédiments carbonatés, parfois associés à des couches de gypse.

- Dans la zone d'Ab-e-Garm de notre territoire et les domaines qui auraient émergé à la fin du Permien, le Trias débute transgressivement soit par des assises carbonatées déposées en eau peu profonde (dans la chaîne de l'Alborz et l'Azerbeïdjan), soit par des couches à éléments terrigènes (grès et schistes gréseux de la formation de Sorkh Shale à l'Est de l'Iran Central).

3.2 Le Trias moyen, correspond à une uniformisation des conditions de dépôts dans la zone d'Ab-e-Garm, comme dans la majeure partie du pays. La sédimentation est uniquement carbonatée, essentiellement dolomitique, rarement associée à des schistes gréseux et des conglomérats (dans la région de Nakhlak). Ceux-ci indiquent l'existence de reliefs assez proches, qu'une érosion active démantelait au cours même de leur soulèvement, par suite d'une émergence.

Après une émergence entre Trias moyen et supérieur, qui est marquée à peu près partout par un horizon de bauxite, la mer transgressive du Trias supérieur recouvre la zone de Razan, comme une partie de l'Iran Central, sauf les régions de Soh (Zahedi 1971) et de Tafresh (Hadjian 1970), où l'on a observé la continuité entre le Trias moyen et supérieur.

Dans une partie du territoire étudié, dans la majeure partie de l'Azerbeïdjan (sauf au Sud-Est de Maku, Alavi, Bolourchi 1973) et même dans la majeure partie de la chaîne d'Alborz, le Trias supérieur manque probablement en raison d'une émergence.

Dans la région d'Avaj, la partie méridionale de la chaîne d'Ab-e-Garm (au

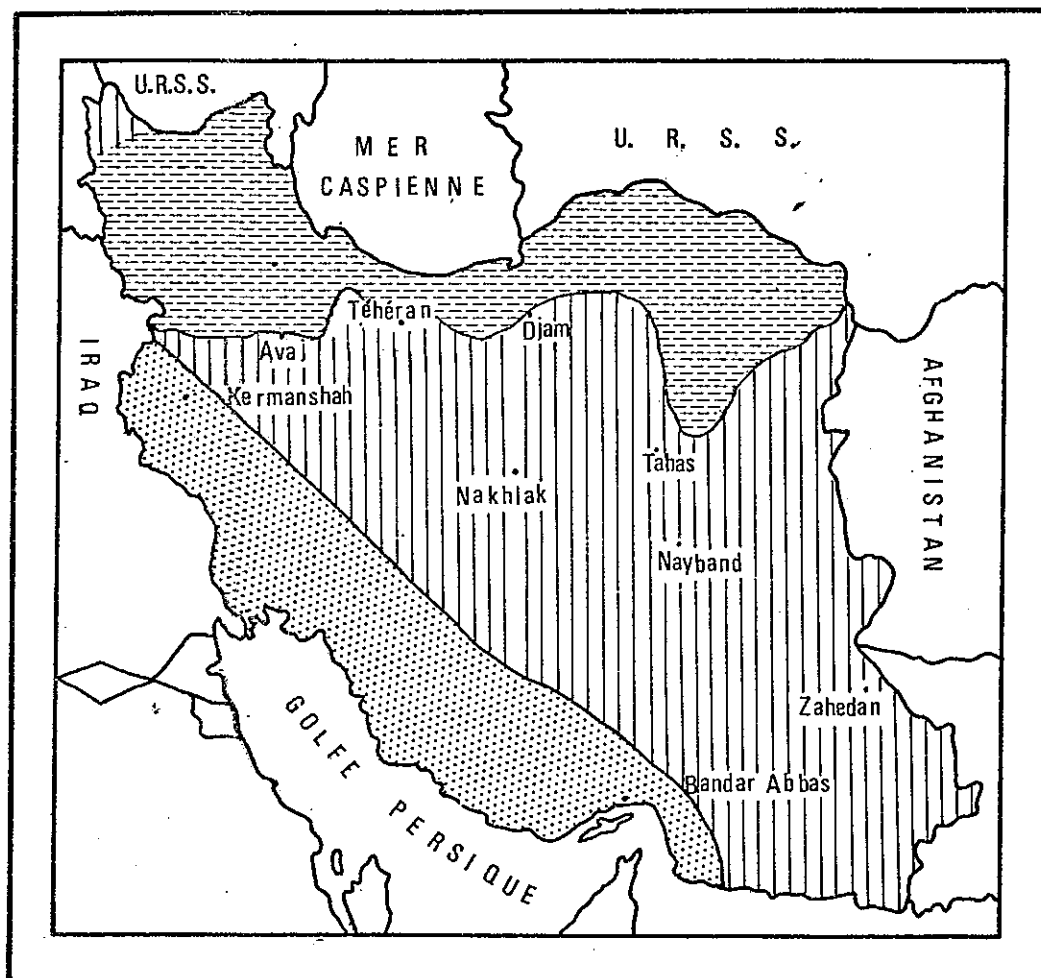
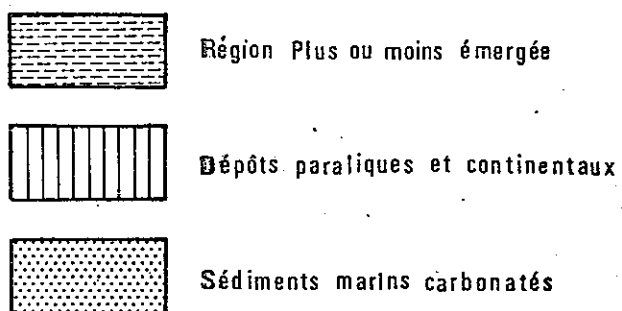


Fig.19 — Paléogéographie de l'Iran durant le Trias supérieur



Sud de la Faille Hassanabad) était seule émergée durant le Trias supérieur. Il est possible que le domaine situé au Nord de l'accident précédent et même, plus loin vers le Nord, la chaîne de Soltanieh aient été également émergées pendant tout le Trias. C'est la raison pour laquelle les assises de cette période y manquent ou y sont assez minces pour avoir été érodées, ainsi que l'ensemble de la formation de Nesen et la partie supérieure de la formation de Ruteh (Permien supérieur) sous l'effet de l'émersion paléocimmerienne.

4. Horizon de Bauxite "Paléocimmerienne"

Cet horizon a été observé dans les trois localités au Sud de la Faille d'Hassanabad (sous-zone sud, voir fig.2) où le Trias affleure :

sur le Versant septentrional du Kuh-e-Qareh Chango et au Sud du village de Qamishlu, il affleure le long de failles sous la forme de grandes lentilles rouges à rouge foncé, oolitiques. On ne peut pas apprécier son épaisseur ni son volume. Mais à 5 km au Nord-Est du village de Mahmudabad, cet horizon se trouve entre les dolomies du Trias moyen et les assises du Rhétien-Lias. Il est représenté par un lit mince, de 20 cm de latérite qui augmente jusqu'à 1,5 m environ de bauxite oolitique de même couleur. Ce lit passe à une autre couche de bauxite silicieuse qui est de couleur variable (rouge, rosâtre à gris), et qui est surmontée par environ 40 - 50 cm de bauxite argileuse et fine. L'épaisseur de cet horizon est variable (1/2 - 2 m) dans les différentes localités. Généralement cet horizon est recouvert par les éboulis de dolomies du Trias.

En Iran Central, un horizon de bauxite et parfois de gypse qui correspond à celui du territoire étudié, se place à la surface de la discordance entre le Trias moyen et supérieur, où entre le Trias moyen et les assises du Rhétien-Lias. Cet horizon peut correspondre à la phase tectonique paléocimmerienne (Stöcklin, 1961 et Huckriede et al 1962).

TABEAU 3 : CORRELATION DES FORMATIONS DU TRIAS EN IRAN

Systeme Période	Etage	NORD IRAN		AVAJ	Razan	IRAN CENTRAL		ZAGROS
JURASSIQUE	Inférieur	Tourcien Pliensbachien Sinemurien Hettangien	FORMATION DE SHEMSHAK	FOR. DE SHEMSHAK	Schistes métamorphisés	FORMATION DE SHEMSHAK		FOR. NYRIZE
	Supérieur	Rhétien Norien Carnien	Melaphyre			FORMATION DE NAYBAND	FOR. ASHIN FOR. BAQOROQ	
TRIAS	Moyen	Ladinien	Calcaires			FORMATION DE SHOTORI	FORMATION D'ALAM	
	Inférieur	Anisien	Dolomies			FORMATION DE SORKH SHALE		
		Scythien Olenkien Induan	Calcaires vermiculés Claraia beds	FOR. ELIKAH Calcaires				
PERMIEN	Supérieur	Julfien	FORMATION D'ELIKAH	FOR. NESEN Phisonites - Paratirolites beds Julfa beds	FOR. NESEN	GROUPE DE TABAS FORMATION DE JAMAL		FOR. KHUFF

1. La Formation de Shemshak (Lias)

La série continentale des grès et schistes du Rhétien-Lias de cette zone, peut être considérée comme l'équivalent de la "Formation de Shemshak" dont le type a été pris en 1966 par R. Assereto, au village de Shemshak (50 km au Nord de Téhéran). Le nom de cette formation a été employé pour la première fois en 1964 par J. Dellenbach, sans être accompagné toutefois d'une description détaillée des assises auxquelles il s'appliquait.

Cette formation, de nature essentiellement gréseuse et argileuse, constitue des collines aux formes arrondies, surtout sur le versant méridional de la chaîne d'Ab-e-Garm. Elle est également connue dans deux petits affleurements du versant nord de la chaîne d'Avaj septentrionale. La formation de Shemshak ne comporte pas de charbon sur le versant nord et rarement sur le versant sud, dans ce cas sous la forme de petites lentilles (épaisses de quelques centimètres) de schistes charbonneux. Les meilleurs affleurements de cette formation, par ailleurs fossilifères, se trouvent au Nord-Est du village de Mahmmudabad et à l'Est du village d'Ab-e-Garm, où nous avons subdivisé la formation en quatre lithozones :

1.1 Lithozone 1 (grès inférieurs)

Cette lithozone est caractérisée par son relief. Elle est représentée par des quartzites gris à blancs avec des mouchetures d'oxyde de fer. La couleur peut aussi aller au gris uniforme, brun clair à rougeâtre, grain moyen à grossier. On y observe quelques intercalations de quartzites et de grès argileux. Parfois les grès comportent des structures en pelure d'oignons. Ils contiennent aussi des fragments de Pelecypodes, des traces de plantes et des Belemnites indéterminables. L'épaisseur de cette lithozone est d'environ 175 m. Elle repose en discordance angulaire sur la surface érodée du Trias moyen, marquée par son horizon de bauxite.

1.2 Lithozone 2

Elle est représentée par une série de schistes gris, verts à verdâtres, en bancs minces plus ou moins gréseux et péliteux, parfois micacées. On y voit quelques intercalations minces de calcaires marneux, fossilifères dans leur partie inférieure : Ammonites, Nautiloïdes, Brachiopodes et traces de plantes ; K. Seyed Emami a identifié les formes suivantes du Toarcien supérieur (zone à toarsense) échantillon 71.B.294 :

<u>Rhynchonella</u>	sp.	
<u>Terebratula</u>	sp.	
<u>Grammatodon</u>	sp.	(voir planche 1)
<u>Cucullaca</u>	sp.	
<u>Pleuromya unioides</u>	(Roemer)	
<u>Hammatoceras</u>	cf. <u>porcarellensce</u> Bonarelli	(voir planche 2)
<u>Pseudogrammoceras</u>	<u>quadratum</u> (Haug)	
<u>Pseudogrammoceras</u>	<u>fallaciosium</u> (Bayle)	
<u>Spiriferina</u>	<u>rostrata</u> Schlottheim	(voir planche 1)
<u>Nautilus</u>	sp.	

Vers le haut, cette série passe à des grès gris à verdâtres, à grain grossier, bien lités, que surmontent des schistes verts avec quelques intercalations de calcaires argileux. Ceux-ci contiennent des Ammonites, Brachiopodes, Pélécypodes, et Bélemnites, au Nord-Ouest du village de Mahmmudabad. Parmi ces fossiles, le

même spécialiste a distingué les formes suivantes du Bajocien inférieur.
Echantillon 71.B.295 :

<u>Leioceras striatum</u> (Buckman)	(voir planche 2)
<u>Leioceras paucicostatum</u> Riber	(voir planche 2)
<u>Leioceras costosum</u> (Quenstedt)	(voir planche 2)
<u>Leioceras comptum</u> (Reinecke)	(voir planche 2)
<u>Variamussium pumilum</u> (Lamarck)	
<u>Parammatoceras</u> sp.	
<u>Parammatoceras</u> aff. <u>alleoni</u> (Dummortier)	(voir planche 2)
<u>Pholadomya iranica</u> Fantini-Sestini	(voir planche 1)
<u>Pleuromya unioides</u> (Roemer)	
<u>Inoceramus elburzensis</u> Fantini-Sestini	
<u>Trigonia</u> sp.	(voir planche 1)
<u>Nautilus</u> sp.	(voir planche 1)
Gastéropodes	

Cet assemblage confirme l'appartenance de ce niveau à la "zone à Opalinum".

Echantillon 71.B.296 :

<u>Modiolus</u> (<u>Inoperna</u>) <u>Sowerbyanus</u> (Orbigny)	
<u>Grammatodon</u> sp.	
<u>Variamussium</u> sp.	
<u>Lima</u> (<u>Plagiostoma</u>) sp.	
<u>Phylloceras</u> sp.	
<u>Ludwigia</u> (<u>Graphoceras</u>) <u>concava</u> (Sowerby)	(voir planche 2)
<u>Ludwigia</u> sp.	(voir planche 2)
<u>Ludwigia</u> (<u>Ludwigia</u>) <u>bradfordiensis</u> Buckman	(voir planche 2)
<u>Ludwigia</u> (<u>Graphoceras</u>) <u>concava decora</u> (Buckman)	
<u>Ludwigia</u> (<u>Ludwigella</u>) sp.	(voir planche 2)
<u>Ludwigia</u> <u>murchisonae</u> (Sowerby)	(voir planche 2)

Cette liste indique la zone à "Murchisonac-Concava".

L'épaisseur de cette lithozone est assez variable, son maximum est d'environ 270 m Nord-Ouest NW du village de Mahmudabad. Il passe à l'Est du village d'Ab-e-Garm, à 120 m, où il se compose surtout de schistes avec des intercalations de calcaires fossilifères.

1.3 Lithozone 3 (grès supérieurs)

Cette lithozone gréseuse contraste par sa morphologie avec les formations encadrantes. En effet, sur le terrain, cette barre gréseuse se détache nettement des formations pélitiques voisines et constitue un repère lithologique utile.

Elle est représentée par une succession de grès, de couleurs gris clair, à patine brune, en bancs bien stratifiés. Ces grès offrent un grain moyen à grossier avec des traces de plantes et des structures en pelure d'oignon. Les grès sont surmontés par quelques mètres de calcaires recristallisés, organo-détritiques et diaclasés. L'épaisseur de cette lithozone est à peu près constante dans le territoire étudié, et atteint 60 m environ.

1.4 Lithozone 4

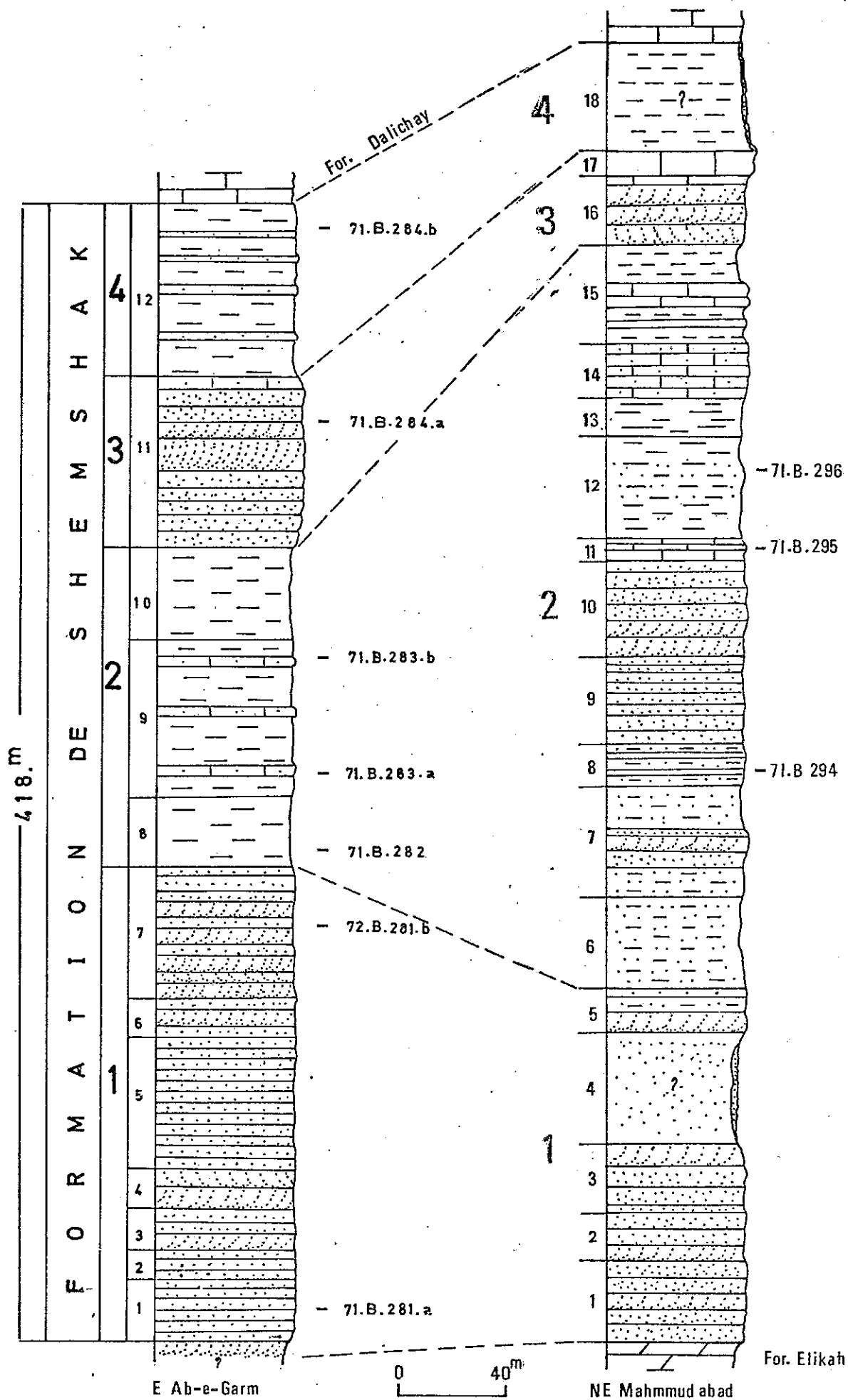
Elle est représentée par une série uniforme de marnes vertes, bien stratifiées. Lithologiquement ainsi que morphologiquement, elle est nettement séparée de la

lithozone sous-jacente. On y voit quelques intercalations de grès, à grain grossier, peu compactés et indurés. Ceux-ci contiennent des traces de plantes et rarement de petites Ammonites (Périsphinctidés indéterminables). La partie supérieure de cette lithozone est toujours couverte par des éboulis des calcaires sus-jacents qui apportent des Ammonites et d'autres fossiles du Jurassique moyen (Formation de Dalichai) spécialement au Nord-Est du village de Mahmmudabad. L'épaisseur de cette lithozone est variable et son maximum est d'environ 65 m à 2 km à l'Est du village d'Ab-e-Garm.

La coupe stratigraphique de la formation de Shemshak, a été prise au Nord-Est du village de Mahmmudabad, (fig.20). Au-dessus de l'horizon de bauxite paléocimérien, viennent :

1. Quartzites, blanc clair à gris, avec des mouchetures d'oxyde de fer, en bancs d'épaisseur décimétrique avec de rares traces de plantes (44,80 m)
2. Grès plus ou moins quartzitiques, bruns (15,65 m)
3. Grès brun clair à rougeâtres et gris, parfois micacés, avec structures en pelure d'oignon et nodules gréseux arrondis. On y observe quelques intercalations de quartzites blanc laiteux à sa partie supérieure. Les grès contiennent de rares fragments de Pélécypodes, Bélemnites et traces de plantes (25,20 m).
4. N'affleure pas, probablement pélites et grès pélitiques (41 m)
5. Grès rouge à rougeâtre avec structures entrecroisées et trace de plantes. On y voit quelques intercalations de grès pélitiques et calcaires. Ces derniers ont fourni des Bélemnites et des fragments de Pélécypodes (16 m).
6. Schistes verts à gris, gréseux et micacés, avec des fragments des mêmes fossiles que précédemment ainsi que des Brachiopodes (32,30 m)
7. Schistes verts, avec des pélites gréseuses et des grès à la partie moyenne. Ils contiennent les mêmes fragments de fossiles que précédemment (41,40 m)
8. Pélites gréseuses, vertes, micacées, avec 9 intercalations de calcaires gréseux, minces (épaisseur centimétrique à décimétrique). Celles-ci contiennent des Ammonites, Bélemnites, Nutiloides et Pélécypodes (15,45 m).
9. Grès verdâtres à gris, en bancs minces, bien stratifiés, micacés et parfois diacласés (31,82 m).
10. Grès rouges, bien lités à grain moyen et grossier, avec des traces de plantes et des structures en pelure d'oignon (34,16 m).
11. Alternance de pélites et calcaires, de couleur gris clair, mais à patine brune avec Ammonites, Bélemnites, Pélécypodes et Gastéropodes (9,66 m).
- 12 Schistes verdâtres à gris, minces, parfois gréseux, avec les mêmes fossiles que précédemment (37,20 m).
13. Schistes calcaires et marneux, verts à gris clair, avec les mêmes Pélécypodes que précédemment (14 m).
14. Calcaires gréseux, gris clair, bien stratifiés avec quelques fragments de Pélécypodes et de plantes (20,10 m).
15. Schistes verts à gris, minces, avec trois intercalations de calcaires dans leur partie inférieure qui ont fourni les mêmes fragments de fossiles que précédemment (36,54 m).

Fig.20 - La Formation de Shemshak dans la chaîne d'Ab-e-Garm



16. Grès quartzitiques, de couleur gris clair, à patine brune, à grain moyen à grossier, en bancs d'épaisseur décimétrique à métrique, qui contiennent seulement des traces de plantes et des structures en pelure d'oignon. Ces grès passent graduellement au sommet à une couche de calcaire organodétritique, gréseux, épais de 80 cm (25,11 m).

17. Calcaires organo-détritiques, brun clair, en bancs bien stratifiés d'épaisseur décimétrique et diaclasés, avec des fragments de Pélécypodes. Les diaclases sont perpendiculaires aux plans de stratification (4,30 m).

18. Marnes vertes couvertes par des éboulis de la Formation de Dalichai (40 m). Au-dessus viennent les calcaires argileux fossilifères du Jurassique moyen (Formation de Dalichai).

Une autre coupe de la formation de Shemshak moins fossilifère que celle du Nord-Est du village de Mahmudabad, se trouve à 2 km à l'Est du village d'Ab-e-Garm, où sa base n'affleure pas, mais on y voit les quatre lithozones caractéristiques de cette formation (fig.20). Deux échantillons qui viennent des grès inférieurs (lithozone 1) comportent seulement des traces de plantes indéterminables (voir planche 1). Mais ceux de la lithozone 2 ont fourni les fossiles suivants :

(Echantillon 71 B 282)

Pleuromya unioides (Roemer)

Pseudoammatoceras sp. (voir planche 2)

Ammonites indet.

D'après K. Seyed-Emami, ce fossile indique le Toarcien supérieur.

Echantillon 71.B.283 a, b

Pseudoammatoceras cf. subinsigne Oppel

Grammoceras sp.

Leioceras sp.

Dumortieria sp.

(voir planche 1)

Trigonia sp.

(voir planche 1)

Belemnite

Cet assemblage confirme l'appartenance de ce niveau au Toarcien supérieur et au Bajocien inférieur.

Les grès supérieurs (lithozone 3) ne contiennent que des traces de plantes indéterminables (71.B.284 a)

La lithozone 4 (échantillon 72 B 284 b) comporte de petits Périssphinctidés indéterminables, épigénisés par de l'oxyde de fer.

La base de la formation n'affleure que dans cette localité.

La formation de Shemshak n'est pas très épaisse dans le domaine étudié (500 m) par rapport à celle de la région de l'Alborz ou de la région de Soltanieh, où son épaisseur est d'environ 1000 m et parfois plus.

Cette formation est entièrement analogue à celle de sa localité type (Alborz Central) où elle a été également divisée en quatre lithozones et comporte plusieurs couches et lentilles de charbon; mais ici ces dernières manquent.

Les assises de la formation de Shemshak reposent transgressivement sur la surface érodée des dolomies du Trias moyen et l'horizon de bauxite paléocimmérien. Elles sont surmontées par le Jurassique moyen (Formation de Dalichai).

Age de la Formation de Shemshak

Comme nous l'avons déjà indiqué dans sa description détaillée, la base de la formation de Shemshak (lithozone 1) ne comporte pas les fossiles caractéristiques qui pourraient la dater. Le premier niveau fossilifère de la lithozone 2 montre un âge Toarcien supérieur. Donc les grès inférieurs (lithozone 1) et la partie inférieure de la lithozone 2 pourraient appartenir au Toarcien inférieur et même à des niveaux antérieurs. Les autres niveaux fossilifères de la lithozone 2 montrent les différentes zones du Bajocien inférieur (zone à Opalinum et Murchisonae-Concava). Puisque le premier niveau fossilifère de la formation de Dalichai se montre être du Bajocien supérieur, on peut supposer un âge bajocien moyen pour les lithozones 3 et 4 de la Formation de Shemshak.

2. Formation de Dalichai (Dogger)

La formation de Dalichai, dont le type a été établi par R. Steiger en 1966 au flanc Est de la vallée de Dalichai, sur la route de Damavand à Firuzkuh (Alborz Central) avait été déjà observée par A. Erni en 1931, qui y découvrit pour la première fois des Ammonites du Bajocien supérieur et du Bathonien.

Cette formation n'affleure, dans le domaine étudié, que dans la chaîne d'Ab-e-Garm, essentiellement au Sud et le long de la faille d'Hassanabad. Elle y est représentée, sous un faciès assez constant, fait de calcaires en petits lits, gris-verdâtres, toujours un peu marneux, dans lesquels s'intercalent quelques couches centimétriques de marnes. Cette formation y est toujours fossilifère et ses assises sont assez souvent masquées par les éboulis provenant des falaises que constituent, au-dessus d'elle, les dolomies et calcaires du Jurassique supérieur (Formation de Lar).

Une des meilleures coupes de la formation de Dalichai a été observée à 2 km à l'Est du village d'Ab-e-Garm (fig.21). Elle montre, de bas en haut et au-dessus des marnes vertes de la formation de Shemshak :

1. Calcaires argileux, verdâtres à gris clair, en petits lits, toujours masqués par les éboulis. Les fossiles qu'on y trouve sont probablement éboulés de la formation sus-jacente. Epaisseur d'environ 7,5 m.

2. Alternance de calcaires gris-verdâtres et de calcaires argileux, d'épaisseur centimétrique à décimétrique. Toutes ces assises contiennent des Ammonites, Bélemnites, Brachiopodes, Zoophycus et Eponges. L'épaisseur de cette unité atteint 9,30 m. Elle a fourni :

Echantillon 72.B.285 a

Oxycerites sp.

Bigotites tuberculatus Nicolesco

Garantiana sp.

Leptosphinctes cf. leptus

Cet assemblage, d'après K. Seyed Emami, confirme l'appartenance de ce niveau au Bajocien supérieur.

Echantillon 73.B.285 b :

Berbericeras sekikensis Roman, indique le Bathonien inférieur.

Echantillon 73.B.285 c :

Oxycerites sp.

(voir planche 3)

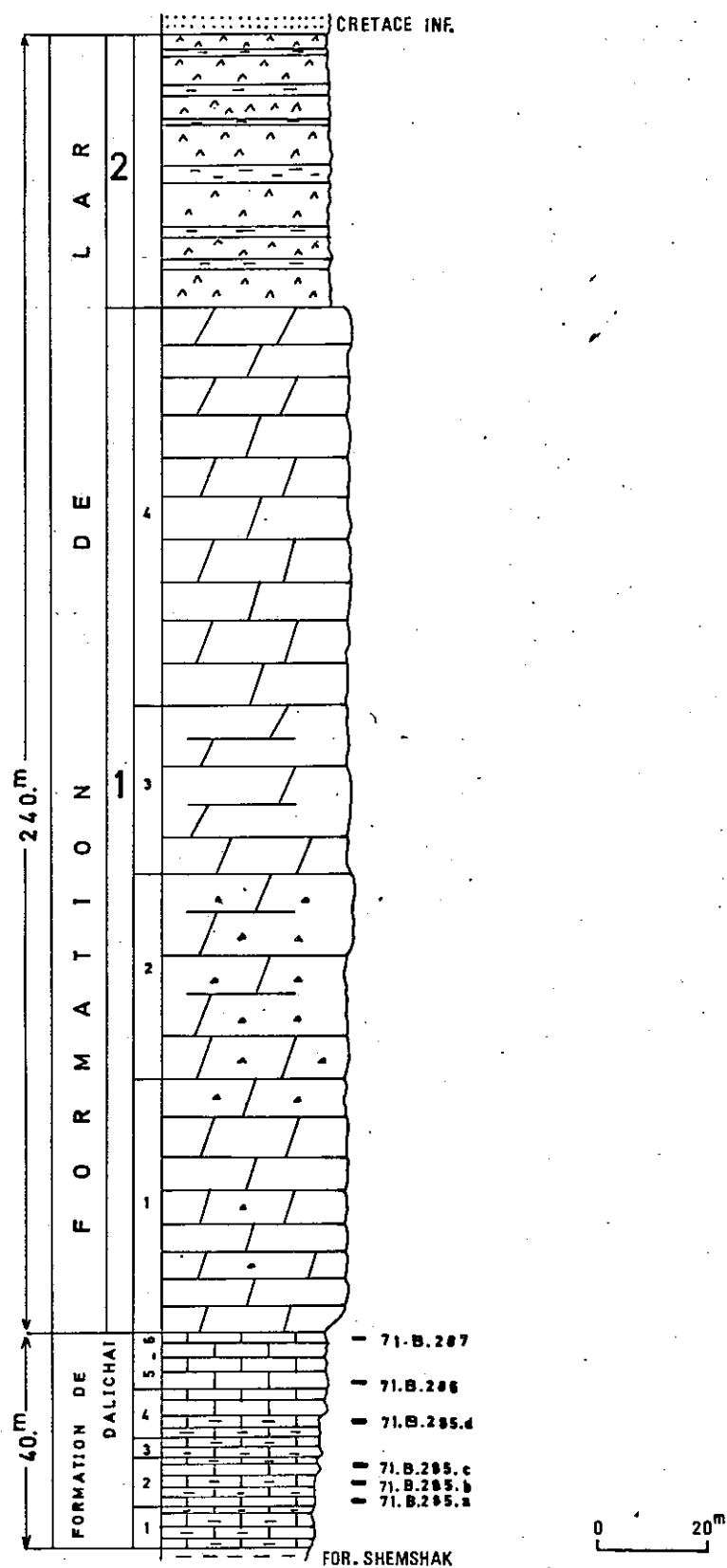


Fig.21 - Coupe des formations de Dalichai et de Lar à l'Est d'Ab-e-Garm

Morphoceras multiform Arkell
Morphoceras parvum Wetzel

Ceux-ci montrent encore un âge bathonien inférieur (zone à Zig-zag)

3. Calcaires gris clair et denses, bien stratifiés, avec des Ammonites mal conservées (4 m).

4. Calcaires marneux verdâtres à gris. On y voit quelques intercalations de marnes d'épaisseur centimétrique (3,70 m). Les assises calcaires et marneuses comportent les mêmes fossiles que précédemment, parmi lesquels les suivants sont caractéristiques du Bathonien.

Echantillon 73.B.285 d :

Oxycerites cf fallax (Gueranger)
Siemiradzka sp.
Procerites sp.

5. Calcaires argileux gris clair, fossilifères et bien stratifiés, en bancs d'environ 30 cm d'épaisseur. Les fossiles fournis par ce niveau sont en partie mélangés avec ceux du niveau sus-jacent, dont Homeoplanulites (Homeoplanulites) aff. mangoldi Dominjan, qui indique un âge Bathonien supérieur.

On observe aussi les faunes suivantes provenant du sommet de ce niveau et indiquant un âge Callovien inférieur-moyen

Oxycerites sp.
Hecticoceras (Hecticoceras) ex. hecticum (Reinecke)
Reineckeia sp.
Indosphinctes sp.
Choffatia sp. indet.

6. Calcaires gris, bien lités avec des nodules de silex à leur partie supérieure qui devient un peu dolomitique. La partie inférieure et moyenne de cette unité est bien fossilifère et a fourni (échantillon 71.B.287) :

Sowerbyceras sp.
Hecticoceras (Berghia) cf suevum Bon
Hecticoceras (Hecticoceras) cf. balinense (Bon)
Macrocephalites macrocephalus (Schlotheim)
Macrocephalites vernus Buckman (voir planche 3)
Indosphinctes sp.
Choffatia sp.
Reineckeidés div. sp.

qui confirment l'appartenance de ce niveau au Callovien inférieur à moyen.

La formation de Dalichai est également bien développée au Nord du village de Lak où elle a fourni beaucoup d'Ammonites et d'autres fossiles précédemment cités. Dans cette localité, spécialement à 5 km au Nord de ce village ainsi qu'au Nord-Est du village de Mahmudabad, nous avons recueilli les Ammonites suivantes montrant un âge bajocien supérieur à callovien supérieur :

Fossiles

Age

Oecotraustes (oecotraustes) cf genicularis Waagen (voir planche 3) Bajocien
Bigotites cf petri Nicolesco supérieur

Siemiradzka (Siemiradzka) aurigera Oppel
Polyplectites sp.
Cadomites sp. (voir planche 3) Bathonien
Morphoceras sp.

Hecticoceras sp.
Hecticoceras (Hecticoceras) cf boginense (Petitclerc) (voir planche 3)
Hecticoceras (Hecticoceras) posterium Zeiss Callovien
Hecticoceras (Hecticoceras) striatulum Elmi
Icanneticeras aff. prahequense Petitclerc inférieur
Macrocephalites sp.
Kosmoceras sp.
Epimorphoceras sp.
Choffatia (Choffatia) sakuntala Spatt

Reineckeia (Reineckia) nodosa Till (voir planche 3)
Reineckeia (Reineckia) anceps Reinecke Callovien
Hecticoceras (Rossienceras) laubei Neumayr (voir planche 3) moyen
Hecticoceras (Rossienceras) metomphalum Bonarelli

Reineckeia (Reineckia) douvilei Steinmann
Reineckeia (Kellowaysites) multicostata Petitclerc Callovien
Peltoceras cf. athleta Phillips supérieur

Dans les autres localités, cette formation est toujours bien fossilifère. Une des meilleures coupes, épaisse et assez riche en faunes du Bathonien, se trouve à 3 km au Sud du village Sakkiz Nab. Cette coupe, prise de bas en haut, est la suivante (fig.22) :

1. Marnes uniformes, vertes à gris clair, le plus souvent masquées par les éboulis provenant des calcaires sus-jacents (environ 14 m). On y trouve des fossiles provenant des éboulis.

2. Alternance de calcaires (d'épaisseur décimétrique) et de marnes en petits lits (5,10 m). Celles-ci sont plus fossilifères que les calcaires et la plupart des Ammonites dégagés appartiennent aux marnes. L'épaisseur de cet ensemble est d'environ 28 m. Un échantillon récolté dans cet ensemble comporte la faune suivante :

Oecotraustes sp.
Oxycerites sp.
Paroecotraustes (Nodiferites) cf angustoides Elmi
Hecticoceras (prohecticoceras) cf ochraceum Elmi
Polyplectides sp.
Morphoceras multiforme Arkell
Morphoceras macrescens Buckman (voir planche 3)
Ebrayiceras pseudo-anceps (Ebray)
Polysphinctes polysphinctus Buckmann
Polysphinctes sp. indet.
Parkinsonia sp.
Procerizigzag sp.

3. Calcaires et calcaires argileux verdâtres à gris clair bien stratifiées. On y voit quelques intercalations de marnes vertes très fossilifères (environ 23 m). Les faunes suivantes ont été trouvées dans cet ensemble :

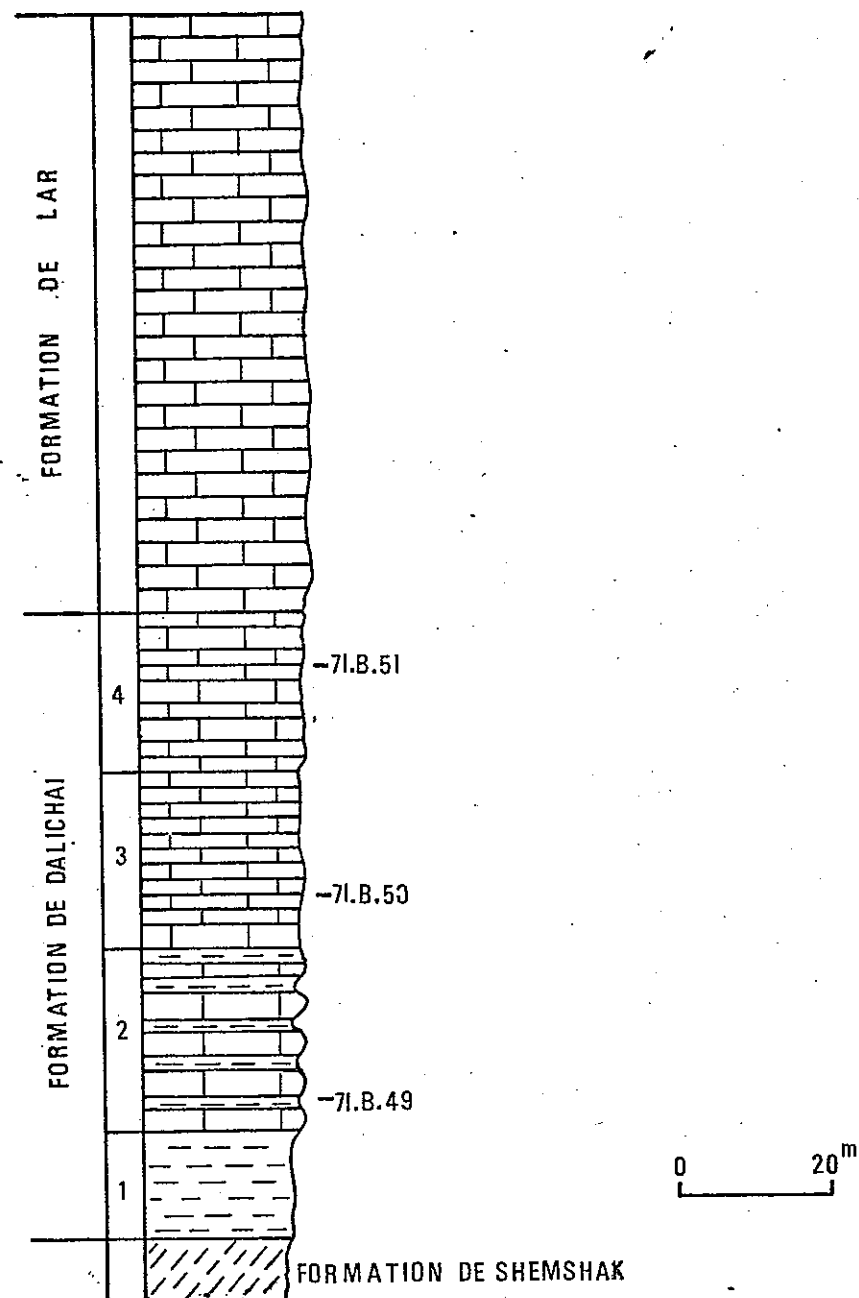


Fig. 22—Coupe de la Formation de Dalichai à 3^{km} au Sud du village de Sakiz Nab

Oecotraustes bradleyi Arkell
Oecotraustes sp. indet.
Oxycerites sp.
Morphoceras macrescens bugiae Mangold
Morphoceras multiforme Arkell
Ebrayiceras pseudo-anceps (Ebray)
Ebrayiceras filiostrata Wetsel (voir planche 3)
Ebrayiceras jactum Buckman
Polysphinctes polysphinctus Buckman
Parkinsonia arietis Wetzell

Ces assemblages (avec ceux du niveau 2) confirment un âge bathonien inférieur (zone à Zig-zag).

4. Finalement on trouve une série de calcaires verdâtres à rosâtres, plus ou moins noduleux (environ 11 m), surmontée par 10 m de calcaires rouges et noduleux au sommet. Les nodules sont des ammonites qui sont généralement mal conservées et cimentées par des calcaires. Un échantillon que nous y avons récolté contient les faunes suivantes :

Hecticoceras (Rossiensiceras) cf metomphalum Bonarelli
Reineckeia (Reineckeia) anceps (Reinecke)
Reineckeia sp. div. indet
Reineckeia (Reineckeites) douvillei (Steinmann)
Choffatia sp. div. indet

Cette association montre un âge callovien moyen et supérieur. Trente formes n'ont pu être encore identifiées, parmi lesquelles quelques espèces nouvelles. La description détaillée de ces Ammonites ne sera pas abordée dans cet ouvrage et fera l'objet d'une publication séparée.

La formation de Dalichai est peu épaisse dans le territoire étudié. Son épaisseur varie de 20 à 85 m au maximum, tandis que dans la chaîne de l'Alborz, elle est plus épaisse (50 à 150 m) et atteint 300 m au maximum dans la région de Djam (Alavi 1972). Elle repose en concordance sur la formation de Shemshak. En raison de la continuité de la sédimentation, la limite du Lias et du Dogger ne peut être basée sur la lithologie, mais sur des arguments paléontologiques, les Ammonites en l'occurrence.

La formation de Dalichai est surmontée en concordance par la formation de Lar (Jurassique supérieur). Lithologiquement, la limite est nette, car cette dernière formation est caractérisée presque toujours par une disparition relativement brutale des calcaires et la présence de dolomies.

Age de la Formation de Dalichai

Puisque la distinction de cette formation est basée sur son unité lithologique, son âge ainsi que ses limites inférieure et supérieure sont hétérochromes.

De fait, comme nous l'avons déjà vu, l'âge de cette formation dans la région étudiée est bajocien supérieur - callovien supérieur (d'après K. Seyed-Emami). Tandis que dans la région voisine (Zanjan) elle est attribuée au Bathonien. D'après A.F. Stahl, A. Erni et A. Rivière, la limite inférieure de cette formation se placerait au niveau du Bajocien supérieur - Bathonien. Assereto et al (1968) en étudiant cette même faune d'Ammonites donnent un âge Bathonien - Callovien pour l'ensemble.

3. Formation de Lar (Malm)

Les assises du Jurassique supérieur sont localisées essentiellement dans la chaîne d'Ab-e-Garm, surtout au Sud de la faille d'Hassanabad ainsi que dans la chaîne d'Avaj septentrionale (au Sud du village de Qamishlu et à 3 km au Nord-Ouest du village d'Haladar). Deux petits affleurements isolés existent aussi le long de Rud-e-Kolenjin.

Tous ces terrains correspondent à la "Formation de Lar" dont le type a été pris par Assereto en 1966 près du Damavand, dans la vallée de Lar où elle se compose de calcaires micritiques et de calcaires à nodules de silex.

Dans le domaine étudié, elle se subdivise en deux unités : 1'une faite de carbonates, 1'autre de marnes, de gypses et de roches volcaniques (voir fig.21).

3.1 Unité 1 (sédiments carbonatés)

Les terrains de cette unité constituent deux ensembles lithologiques distincts :

- Un ensemble dolomitique, qui est le plus important et est bien développé partout, où nous l'avons déjà mentionné. Généralement ces dolomies constituent des falaises (versant méridional de la chaîne d'Ab-e-Garm et Sud du village de Qamishlu). La partie inférieure de cet ensemble est représentée par des dolomies calcaires, de couleur gris clair et de patine brune, qui sont fortement fracturées. On y observe de rares nodules de silex. Vers le haut, la coupe continue par des dolomies de couleur variée (brun clair à rougeâtre et surtout gris à gris clair), en bancs assez épais et massifs avec des nodules de silex. Habituellement, ces dolomies ne montrent aucune trace d'organismes.

L'épaisseur de cet ensemble est d'environ 200 m, mais il est légèrement plissé.

Au Sud du village de Nayjuk, la formation se compose de calcaires dolomitiques gris clair à gris, bien plissés, parfois assez fracturés et pseudobréchiques. On y voit une grande quantité de nodules de silex, qui constituent 30 - 40 % de quelques lits. L'épaisseur de cet ensemble atteint 250 m dans cette localité.

Un petit affleurement de calcaires et de calcaires dolomitiques a été observé à 2 km au Nord du village de Qaraqurqan, en contact anormal contre les tufs de l'Eocène (voir photo 4 planche 5). On n'y voit aucun fossile.

Au Sud du village de Qamishlu, cet ensemble est fortement écrasé et coupé par plusieurs failles.

Au Nord du village de Mesrabad (le long de Rud-e-Kolenjin) il constitue deux petites collines et se compose de calcaires dolomitiques à nodules de silex. On y voit quelquefois des traces de Belemnites.

- Un ensemble calcaire qui n'affleure qu'au Nord du village d'Abbasabad où il est limité par la faille d'Hassanabad et une autre faille supposée qui s'allonge le long de Rud-e-Kolenjin. Il se compose d'une série uniforme de calcaires gris à roses, fins et bien stratifiés. On y voit des nodules de silex et des Ammonites qui ne sont généralement pas dégagées. L'épaisseur de ces calcaires est de 100 m environ dans cette localité.

Trois échantillons provenant de cette formation ont été identifiés par K. Seyed-Emami et R. Enay et indiquent l'Oxfordien.

Echantillon 71.B.41.a (Oxfordien inférieur) :

Peltoceras (Peltoceratride) sp.

Peltoceras sp.

Peltoceras parawede (Rindiz)

Echantillon 71.B.41.b (Oxfordien moyen) :

Perisphinctes (Dichotomosphinctes) cf wastae (Bikowski) ; zone à P. wastae

Perisphinctes (Dichotomosphinctes) rotoïdes Rouch. Zone à Plicatilis (surtout abondants à la partie supérieure) (voir planche 3)

Passendorferia gr trichoplocuj Gemm.

Perisphinctes indét.

Passendorferia sp.

Perisphinctes (Dichotomosphinctes) wastae Bukow

Echantillon 71.b.41.c (Oxfordien supérieur)

Orthosphinctes sp.

Un affleurement de ces calcaires associés à ceux de la formation de Dalichai se voit à 2,5 km au Sud-Est du village de Sakkiz Nab, le long de la Faille d'Hassanabad et d'une autre petite faille (voir coupe HH' de fig.44). La roche est assez fracturée et écrasée. Les fractures ont été généralement remplies de calcite.

Cette première unité de la formation de Lar repose en continuité sur celle de Dalichai et est surmontée par les marnes rouges de l'unité sus-jacente.

3.2 Unité 2 (marnes, gypses et roches volcaniques)

Cette unité peu épaisse, affleure toujours au-dessus de l'ensemble dolomitique de la formation de Lar au Sud de la faille d'Hassanabad. Généralement on voit donc des marnes au sommet du Malm, là où le Crétacé inférieur existe.

A 4 km à l'Est du village d'Ab-e-Garm, affleure une série de gypses et d'anhydrite gris clair, rosâtres et blanc laiteux où l'on observe seulement quelques intercalations de marnes roses, jaunâtres et rouges en petits lits. Cette série n'est pas très épaisse (50 m dans cette localité).

A 2 km à l'ouest du village d'Aqcheh Qaleh, l'unité dolomitique se poursuit par un ensemble de marnes gypsifères rougeâtres à rouges, gris vert, en bancs bien stratifiés. Son épaisseur est d'environ 25 m.

Vers l'Ouest, au Nord du village d'Oqur, cet ensemble est représenté par les mêmes marnes que dans les autres localités, mais on y observe quelques intercalations de dolomies jaunes et brunes qui sont fortement fracturées et écrasées - et parfois de petites lentilles de gypses et des roches volcaniques. Celles-ci sont des roches andésitiques à basaltiques de couleur verte, brun foncé à noire. Ces roches sont fortement altérées. Les textures sont généralement aphanitiques et parfois porphyriques.

Finalement, les roches volcaniques affleurent au Sud du village de Qamishlu sur l'unité dolomitique avec les mêmes caractères que dans les autres localités.

3.3 Etude microscopique des roches volcaniques

Andésites : au microscope, elles montrent toujours une structure prophyrique avec des phénocristaux de plagioclase (oligoclase - andésine) et des microlithes

fortement séricitisés. La calcite existe soit dans les minéraux mafiques transformés, soit sous la forme de petits filons qui recoupent les minéraux principaux. Minéraux secondaires : chlorite, calcite, séricite, albite et quartz. L'apatite, le sphène et des grains de minéraux opaques sont accessoires.

Basaltes : la structure de ces roches est aussi porphyrique. Elles se composent essentiellement de phénocristaux de minéraux ferro-magnésiens, parfois complètement altérés en serpentine, ou remplacés par des carbonates et de la chlorite. La pâte est composée de plagioclases en petites lattes légèrement altérées et de clinopyroxène. La calcite, la serpentine, la chlorite et des grains de minéraux opaques sont secondaires.

Les minéraux ferromagnésiens principaux de quelques échantillons sont l'olivine et l'augite. Une quantité importante de cristaux automorphes d'olivine, s'observe dans les lames, entourés par les iddingsites et parfois remplacés par les serpentines. Ces deux minéraux principaux se situent entre les cristaux de plagioclases (andésine - labradorite).

La formation de Lar n'est pas très épaisse dans le territoire étudié, et son maximum d'épaisseur est d'environ 300 m ; tandis que dans la région voisine (Zanjan) elle atteint 500 m ainsi que dans la chaîne de l'Alborz.

Cette formation repose en concordance sur la Formation de Dalichai et est surmontée en discordance angulaire par les assises terrigènes du Crétacé inférieur (Barrémien)

Age de la Formation de Lar

Comme nous l'avons déjà mentionné dans sa description détaillée, cette formation ne comporte de fossiles que dans son unité calcaire, fossiles qui indiquent un âge oxfordien. Dans la région de Soltanieh (Stöcklin et al 1969) les Ammonites montrent le Kimmeridgien. Au Nord-Ouest de cette chaîne, H. Huber (com.pers.) a trouvé des fossiles indiquant le Tithonique. J. Eftekhar-Nezad et al (1965) ont proposé un âge Tithonique et Berriasien pour la partie supérieure de cette formation à cause d'une faune d'Ammonites trouvée dans la région de Tarom-Talesh. Ainsi la partie supérieure de l'unité 1 peut-elle correspondre au Kimmeridgien de la chaîne de Soltanieh, l'unité 2 (gypse, marne et roches volcaniques) à l'Anhydrite de Hith" dans la région du Zagros (James et Wynd 1965) et à la "Formation de Garedu" dans l'Est de l'Iran Central (Ruttner et al 1968) d'âge Tithonique et peut-être à la partie supérieure de la "Formation de Bidu" (Stöcklin 1961, Huckriedeh et al 1962) d'âge Jurassique supérieur. Elle correspond aussi au Jurassique supérieur dans la région de Masuleh (Ouest de l'Alborz) de Davies et al (1972) qui l'ont divisé en deux formations (les Formations de Lar et de Shal).

c - LE TRIAS SUPERIEUR - JURASSIQUE DANS LA ZONE DE RAZAN

Les assises du Trias supérieur - Jurassique de cette zone, fortement déformées et légèrement métamorphisées, sont assez différentes de celles de la zone d'Ab-e-Garm. Elles sont bien développées dans la chaîne d'Avaj méridionale (au Sud du village d'Arvan et au Nord de Gozal Darreh) et dans la chaîne de Razan (autour du village de Qareh Bolagh à l'Ouest et Kuh-e-Pashalu et Qezel Dagħ à l'Est). Elles sont considérées comme éocènes sur la carte géologique de l'Iran au 1/2500 000e.

Cette série se compose de schistes pélitiques dans sa partie inférieure et de schistes gréseux et de grès dans sa partie supérieure. On y voit aussi quelques intercalations de roches volcaniques, également métamorphisées et de roches intrusives. La base de cette formation n'affleure pas ici mais elle est surmontée, à son sommet, (après une interruption de sédimentation) par les calcaires à Orbitolines du Crétacé inférieur (Aptien) et, en discordance angulaire, par les sédiments du Tertiaire.

1. Dans la chaîne d'Avaj méridionale

1.1 Au Sud du village d'Arvan : cette région constitue les plus hauts sommets du domaine étudié (de l'Ouest à l'Est, le Kuh-e-Kharagan et l'Ozun Bolagh). Les terrains du Trias supérieur - Jurassique sont faits de schistes et de schistes pélitiques parfois gréseux, de couleur verte, gris clair à grise, plus rarement noire. Ces schistes contiennent des roches volcaniques de nature dacitique, rhyolitique, basaltique et des tufs. On y voit aussi des intrusions de diabases, en petites masses et dykes, des petits filons de quartz généralement orientés le long de plans de schistosité. La déformation a développé une schistosité (et une linéation B) qui masque en général la stratification. Cet ensemble étant fortement plissé, il est très difficile d'estimer son épaisseur. Sa puissance apparente dépasse 2 500 m.

Cet ensemble est surmonté en discordance angulaire par l'Eocène sur le versant méridional de Kuh-e-Ozun Bolagh ; tandis que sur le versant occidental de Kuh-e-Karaghan les assises de l'Oligo-Miocène (Formation de Qom) remplacent celles de l'Eocène. Vers le Nord il bute contre le Miocène supérieur (Formation Rouge Supérieure) par la Faille d'Avaj. Ces schistes ne comportent ni fossiles ni traces d'organismes.

1.2 Au Nord de Gozal Darreh : les schistes offrent les mêmes caractères que dans la localité précédente mais le faciès est plus régulier. Les intercalations de roches volcaniques sont rares et on n'y voit plus de roches intrusives. Elles sont quelquefois coupées par de petits filons de calcite. On n'y observe jamais de fossiles, même en fragments. L'épaisseur apparente de cette série est d'environ 1 300 m. Vers l'Ouest du village, les schistes sont surmontés en discordance par une série de calcaires du Crétacé inférieur fortement fracturés ou plutôt écrasés et recristallisés, gréseux et dolomitiques dans leur partie inférieure.

2. Dans la Chaîne de Razan

2.1 Autour du village de Qareh Bolagh

Les roches métamorphiques de cette localité peuvent être subdivisées en deux parties :

- une partie inférieure représentée par des schistes parfois gréseux et des schistes

pélimitiques de couleur variée montrant les mêmes caractères que dans la chaîne d'Avaj méridionale.

- une partie supérieure composée d'une alternance de schistes gréseux et de grès vert foncé et bien lités. Son épaisseur apparente est d'environ 150 m. Elle est surmontée en discordance par quelques lits de calcaires gréseux et dolomitiques, bruns, à Pélicypodes, qui se poursuivent par des calcaires à Orbitolines du Crétacé inférieur (Aptien).

2.2 Dans le Kuh-e-Pashalu et le Qezel Dag

Là se trouve la série métamorphique Trias supérieur - Jurassique la plus épaisse, au point que Mohajer et al (1963) ont considéré la partie inférieure de cette série comme précambrienne et sa partie supérieure comme éocène. Son épaisseur apparente est d'environ 4 000 m. Elle constitue un grand anticlinal dont la base n'est pas connue. Cette série peut être subdivisée en trois parties distinctes :

- une partie inférieure, qui constitue le noyau de cet anticlinal, est représenté par un ensemble uniforme de schistes gris clair à verdâtres, bien stratifiés et d'épaisseur centimétrique à décimétrique. Elle est assez déformée et on y voit toujours une schistosité et une linéation B qui correspondent au litage. Des joints de tensions ont été remplis par de la calcite ; et les petits filons de quartz se placent le long des plans de schistosité. Vers le haut la coupe continue par des schistes plus ou moins calcaires gris et gris foncé qui contiennent des traces de Belemnites ; ensuite, vient une série uniforme de schistes gris. Nous avons trouvé aussi un fragment d'Ammonite (*Hanielites* sp.) dans une concrétion des schistes calcaires, qui indique le Trias supérieur. Quelquefois, on y voit des traces de pyrolusite et d'hématite. Au sommet de cette partie apparaissent quelques mètres de quartzites gris clair ou blanc laiteux.
- La partie moyenne est représentée par une alternance de schistes gris clair en bancs d'épaisseur centimétrique et de petits filons et lits de quartz. Cette partie est caractérisée par sa couleur blanche qui la sépare des parties sous et sus-jacentes.
- La partie supérieure se compose de schistes pélimitiques gris, finement lités, d'aspect lustré, traversés de filons de quartz orientés selon les plans de schistosité. Vers le haut les schistes passent à des faciès plus calcaires, recristallisés, contenant des filons de calcite, de quartz et des sillons diabasiques mis en place avant le plissement. La série s'achève enfin par un ensemble monotone de schistes feuilletés semblables à ceux de la partie inférieure.

3. Etude microscopique des roches métamorphiques et intrusives

3.1 Les roches métamorphiques

En général ces schistes se composent de calcite, chlorite, albite, quartz, muscovite, biotite, sphène, oxyde de fer et grains de minéraux opaques. Tous les schistes calcaires sont recristallisés.

Les roches volcaniques métamorphisées se composent de tufs, métadacites, métarhyodacites (rhyolites, basaltes).

Au microscope les différents types de tufs montrent une structure clastique. Ils se composent essentiellement de cristaux de plagioclases de grandes dimensions (oligoclase - andésine jusqu'à 1 mm, légèrement altérés en minéraux argileux)

et de fragments de roches volcaniques. Les minéraux ferromagnésiens sont l'amphibole et la biotite. La matrice consiste en minéraux secondaires et cristaux quartzo-feldspathiques fins. Calcite, chlorite, épidote et séricite constituent des minéraux secondaires ; l'apatite et les grains de minéraux opaques sont accessoires. En certains endroits, ces tufs sont bréchifiés, dévitrifiés et silicifiés par suite du métamorphisme et montrent différentes compositions andésitiques et dacitiques.

La métadacite montre un plagioclase acide, sous deux formes, en phénocristaux ou dans la pâte. Les minéraux secondaires sont la chlorite, oxychlorite, calcite, prehnite, muscovite, quartz et épidote.

La métarhyodacite est essentiellement composée par du quartz et des feldspaths (plagioclases acides et feldspaths potassiques) avec des minéraux secondaires : séricite, chlorite, oxyde de fer.

Les roches volcaniques acides (rhyolites) sont en plus faible quantité que les autres. Elles se composent de quartz, plagioclases et feldspaths potassiques. On y voit aussi l'oxyde de fer, avec une petite quantité de séricite secondaire.

Le basalte montre une structure porphyrique, avec des phénocristaux et des microlites de plagioclases. Les phénocristaux sont parfois altérés en calcite dans une pâte dévitrifiée. De la calcite (remplissant les vésicules) de la chlorite et de très petites quantités d'épidote et de biotite sont des minéraux secondaires.

3.2 Etude microscopique des roches intrusives

Deux types de roches intrusives ont été déterminés au microscope : les diabases et les diabases picritiques.

Nous avons distingué dans ces échantillons de diabases des structures diabasiques, ophitiques, porphyriques et intersertales (les espaces entre les lattes de plagioclases sont remplis par des grains de minéraux ferromagnésiens, en partie altérés en minéraux secondaires). Ils se composent essentiellement de lattes de plagioclases et de clinopyroxènes fortement altérés. Les minéraux secondaires sont la chlorite, calcite, clinozoisite, trémolite, actinolite, sphène, séricite et zéolite. Une quantité moins importante d'apatite et des minéraux opaques sont accessoires.

Le diabase picritique montre une structure poecilitique et se compose essentiellement de clinopyroxène et d'olivine, coupés et entourés par de la serpentine (antigorite). Chlorite, serpentine, épidote constituent les minéraux secondaires. De la chromite et des minéraux opaques sont vraisemblablement accessoires.

4. Age de la série des schistes

Cette série qui est assez développée et bien épaisse dans le domaine étudié ne comporte pas de fossiles déterminables. Nous avons trouvé une seule Ammonite, du Trias supérieur (Hanielites sp.) dans la partie inférieure de cette série, dans le Kuh-e-Pashalu. Nous y avons également observé des traces de Belemnites et d'Algues. Ainsi que nous l'avons dit, la base de cette série n'affleure pas. Comme elle est, par ailleurs, surmontée par le Crétacé inférieur en discordance, on lui attribue en général un âge Trias supérieur - Jurassique.

De fait, au Sud-Est de notre région, dans le Kuh-e-Khan Gormaz (entre Hamadan et Kermanshah) on a trouvé quelques lits de calcaires au-dessus de ces schistes, qui comportent des fossiles du Jurassique supérieur (Nabavi, Houchmandzadeh et Bureu, com.pers.). Ces lits de calcaires d'âge Jurassique supérieur manquent dans le territoire étudié, si bien que l'on peut admettre que la série des schistes comprend seulement le Lias et le Jurassique moyen.

5. Le degré de métamorphisme

L'association des minéraux observés dans les schistes et les roches volcaniques, particulièrement la chlorite, muscovite et biotite, indique que ce sont des roches de métamorphisme régional dans le faciès schistes verts.

6. L'âge de métamorphisme

Cette formation métamorphique est surmontée en discordance par les assises du Crétacé inférieur qui sont aussi légèrement métamorphisées. Les premiers dépôts non métamorphisés sont seulement des calcaires conglomératiques de l'Eocène. On peut donc seulement dire que le métamorphisme a pris place entre le Crétacé et l'Eocène, peut être lors d'une phase plus ou moins contemporaine de l'orogénie laramienne.

d - PALEOGEOGRAPHIE DU JURASSIQUE

1. Lias

La mer transgressive du Rhétien et du Lias couvre la majeure partie de l'Alborz et l'Azerbeïdjan et dépose des produits surtout terrigènes (Formation de Shemshak). Cette formation repose en discordance sur les assises du Trias moyen et les différents horizons du Paléozoïque. Elle repose au contraire en continuité sur la formation de Nayband (Trias supérieur) dans l'Iran Central (fig.23), où sa partie supérieure est quelquefois calcaire (Formation de Badamu).

Dans la chaîne du Zagros, les dépôts du Rhétien et du Lias sont également marins et se composent de schistes, dolomies et calcaires argileux (Formation de Neyriz). Cette Formation repose en continuité sur la formation de Khaneh Kat (Trias supérieur).

Dans la zone d'Ab-e-Garm de notre terrain, les dépôts sont continentaux ou paraliques, d'une puissance de 500 m environ et correspondent à la formation de Shemshak de l'Alborz ; tandis que dans la zone de Razan, on peut seulement supposer que le Rhétien et le Lias sont représentés au sein de l'épaisse série métamorphique.

2. Dogger

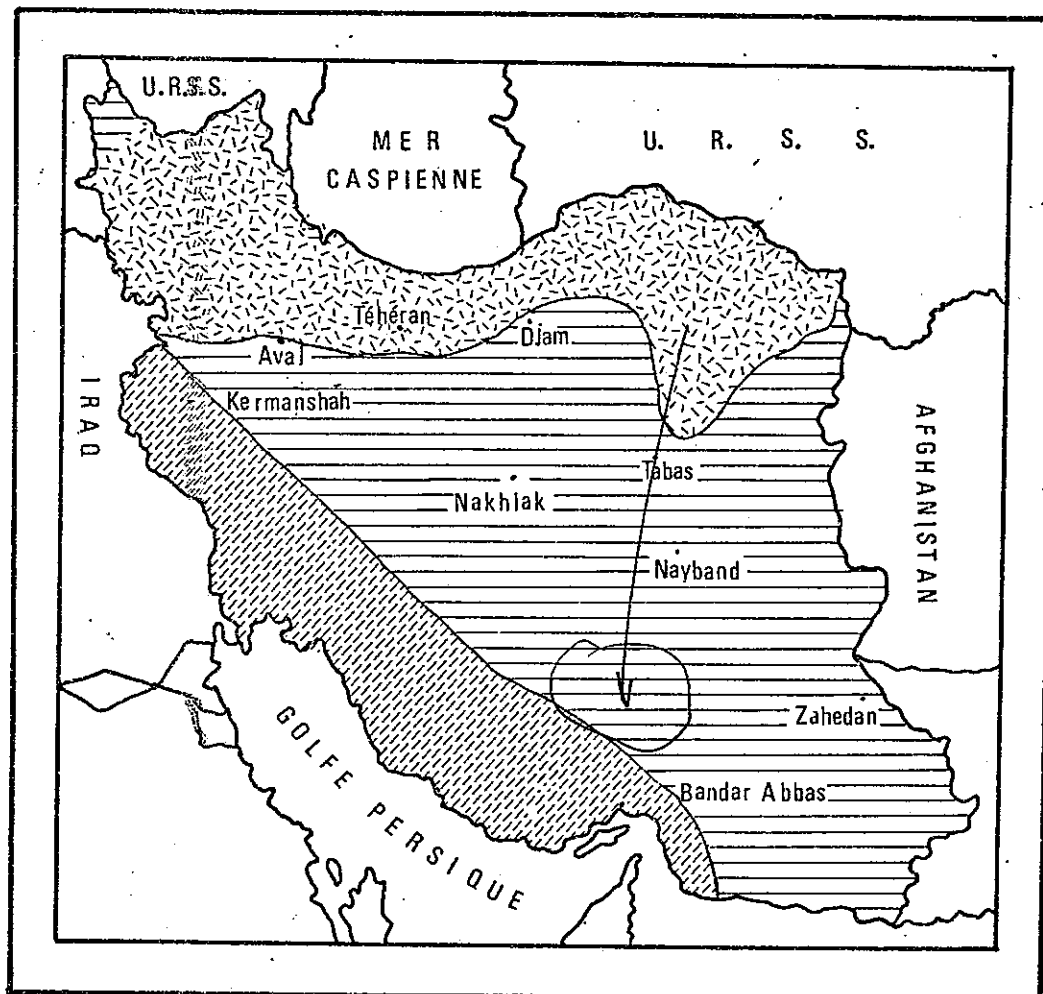
Les sédiments du Dogger sont bien connus dans une grande partie de l'Iran, notamment dans la chaîne de l'Alborz, l'Est de l'Iran Central, le Kopet Dagh ainsi que dans la chaîne du Zagros, où ils correspondent à une nette reprise du régime marin après les dépôts paraliques et continentaux du Lias. En fait dans la chaîne de l'Alborz, le Dogger est représenté par les calcaires marneux et marnes à Ammonites de la "Formation de Dalichai". Dans l'Est de l'Iran Central, le Dogger débute par la "Formation de Badamu" représenté par des calcaires à Ammonites et se termine par la "Formation de Baghamshah" qui est constituée essentiellement par des schistes péliques et des grès, et, de façon accessoire, par des calcaires (Stöcklin et al 1965). Cette dernière formation comporte localement des couches à charbon et prend alors le nom de "Formation d'Hodjedk (Tableau 4). Ici donc le caractère marin est moins affirmé.

En Iran Central (Isfahan, Ardestan - Kashan, Golpayegan, Tafresh) le Jurassique moyen et supérieur est encore inconnu et le Crétacé inférieur transgressif y surmonte directement la formation de Shemshak. On peut admettre que durant le Dogger et peut être au début du Malm, ces régions ont été le siège d'une sédimentation marine comme les autres parties de l'Iran Central, mais que les sédiments ont été ensuite érodés lors d'une émergence du Jurassique supérieur.

Le caractère pélagique des sédiments de la formation de Dalichai montre que la zone d'Ab-e-Garm a été occupée durant le Dogger par une mer relativement ouverte, en communication facile avec celle qui recouvrait au même moment la chaîne de l'Alborz et l'Azerbeïdjan. Tandis que dans la zone de Razan, la nature terrigène de la série schisteuse et l'existence de roches volcaniques à caractère continental, montrent que la mer qui recouvrait cette zone était une mer certes subsidente, mais moins profonde que celle qui régnait plus au Nord.

3. Malm

Les assises du Jurassique supérieur sont bien développées en Iran, mais leurs faciès varient dans les différentes parties du pays.

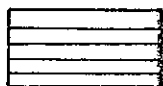


*Zone à
Schuchert
transgressif
ailleurs.*

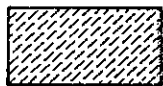
Fig.23-Paléogéographie de l'Iran durant le Lias



Dépôts argilo-gréseux transgressifs sur les formations antérieures



Dépôts argilo-gréseux en continuité sur le Trias supérieur



Sédiments calcaréo-argileux en continuité sur le Trias supérieur

Dans la chaîne de l'Alborz, le Malm est représenté par une série de calcaires riches en Ammonites, qui constituent la "Formation de Lar", des calcaires gréseux glauconieux et des grès calcaires qui constituent la "Formation de Shal" (Davies et al 1972). Sur le versant méridional de cette chaîne, les formations de Lar et de Dalachai correspondent localement à des dolomies et des calcaires gris qui constituent la "Formation d'Abanak" (Assereto 1966).

Dans l'Est de l'Iran Central, le Jurassique supérieur est constitué par trois formations de nature lithologique différente, qui sont (Tableau 4) :

- La formation de Qaleh - Dokhtar qui est représentée par des schistes et des grès.
- La formation d'Esfandiar constituée de calcaires récifaux, qui passe latéralement à celle de Qaleh-Dokhtar (Stöcklin et al 1965).
- La formation de Garedu composée de schistes, grès, conglomérats et calcaires détritiques (Stöcklin 1961, Huckriede et al 1962).

Dans la région de Kerman, le Jurassique supérieur est représenté par la "Formation de Bidu" qui se compose de conglomérats rouges, grès et schistes dont le sommet passe à des marnes, dolomies et gypse de faciès lagunaire.

Dans la chaîne du Zagros la majeure partie du Jurassique correspond à la "Formation de Surmeh" qui est surmontée par environ 50 m d'anhydrite qui marque le retrait de la mer non seulement dans cette chaîne mais également sur la plate-forme arabe. Cette formation évaporitique est connue sous le nom d'"Anhydrite de Hith".

Dans une grande partie de l'Iran Central (les mêmes localités que nous avons décrites à propos de la paléogéographie du Dogger), le Jurassique supérieur est inconnu et le Crétacé inférieur transgressif repose directement sur le Lias. C'est-à-dire que cette partie du pays était peut être émergée au début du Jurassique supérieur jusqu'au Barrémien ou à l'Aptien (Hadjian 1970, Zahedi 1971, O. Thiele 1968).

La région d'Avaj qui se situe paléogéographiquement à la frontière du domaine ouest de l'Iran Central et la zone de Sanandaj - Sirjan est restée immergée dans son secteur septentrional (Zone d'Ab-e-Garm) durant le Jurassique supérieur, tandis que son secteur méridional se trouvait émergé.

Dans la zone d'Ab-e-Garm, où l'on voit les calcaires, les calcaires marneux et les marnes à Ammonites, les conditions restent sensiblement les mêmes au Jurassique supérieur qu'au Dogger.

Les dolomies et les calcaires de type pélagique, à silex et à Ammonites, de la formation de Lar, témoignent de l'existence d'une mer franchement ouverte, non séparable de celle qui recouvrait au même moment la chaîne de l'Alborz et l'Azerbeïdjan. Vers la fin du Jurassique (Kimmeridgien et Tithonique) l'apparition de marnes rouges, de dolomies et de gypses avec des roches volcaniques, la disparition des calcaires à Ammonites, indiquent une diminution de profondeur de la mer que l'on doit interpréter comme le commencement de l'émersion qui affectera cette zone durant le Néocomien.

Dans la zone de Razan, nous ne savons pas si le Jurassique supérieur est représenté ou non dans la série schisteuse métamorphique. Il existe une présomption pour que la mer s'en soit peu à peu retirée au Jurassique supérieur, mais nous n'en avons aucune preuve si ce n'est l'abondance de roches volcaniques sans faciès de "pillow".

4 : CORRELATION DES FORMATIONS J

[illegible]

Un arrêt de sédimentation marque la fin du régime marin et lagunaire du Jurassique supérieur (Formation de Lar) dans la zone d'Ab-e-Garm; au même moment cesse le régime continental et terrigène de la zone de Razan (Schistes et grès). Puis une mer peu profonde se met en place par transgression sur la majeure partie du domaine étudié. Elle dépose des sédiments peu profonds qui sont parfois associés avec des roches volcaniques (grès, conglomérats, calcaires, schistes et marnes). Plus tard ces sédiments seront métamorphisés dans la zone de Razan et localement dans le Kuh-e-Bozorg (Au Nord-Ouest de la chaîne d'Ab-e-Garm). Nous allons donc décrire les trois secteurs suivants :

1. La zone d'Ab-e-Garm

2. Le Kuh-e-Bozorg

3. La zone de Razan.

1. Le Crétacé inférieur dans la zone d'Ab-e-Garm

Les terrains du Crétacé inférieur sont bien développés en différentes localités de la chaîne d'Ab-e-Garm et plus rarement dans la chaîne d'Avaj septentrionale. Ils présentent de fortes variations de puissance et de constitution lithologique.

Trois ensembles peuvent être distingués dans le Crétacé inférieur :

- Conglomérats et grès de base
- Calcaires à Orbitolines
- Schistes marneux et marnes.

Nous décrirons ensuite les roches volcaniques associées.

1.1 Les conglomérats et grès de base

Cet ensemble n'affleure que dans la chaîne d'Ab-e-Garm et au Sud du village de Qamishlu. Il se compose de conglomérats, de grès conglomératiques et quartzitiques rougeâtres à rouges, bien stratifiés. Les éléments du conglomérat sont en général anguleux mais parfois arrondis. Ils proviennent essentiellement du Jurassique. Leur taille varie de 3 mm à 5 cm. Ils ont été cimentés par une matrice gréseuse. On voit clairement cet ensemble au Nord du village d'Ab-e-Garm où son épaisseur est d'environ 50 m. Son épaisseur maximale atteint 60 m au Nord du village d'Oqur.

Au Nord du village de Meyandarreh, on observe à la base du Crétacé inférieur quelques mètres de quartzites qui butent par faille contre les roches pyroclastiques de l'Eocène. Un petit affleurement a été observé à 1,5 km au Nord-Ouest du village de Mesrabad où le Crétacé inférieur repose en discordance sur la formation de Lar comme ailleurs.

Au Sud de Qamishlu, le Crétacé inférieur débute par des grès rouge foncé et des conglomérats. Les éléments de ceux-ci sont des roches volcaniques et des dolomies de la formation de Lar et de terrains plus anciens. Son épaisseur est environ 30 m. Conglomérats et grès ne contiennent jamais de fossiles.

1.2 Calcaires à Orbitolines

Cet ensemble, composé essentiellement de calcaires de type peu profond avec Orbitolines, repose en continuité sur le conglomérat et les grès de base dans la chaîne d'Ab-e-Garm. Il est souvent accompagné par des roches volcaniques. Il peut être subdivisé en deux parties :

- Une partie inférieure est représentée par une série de calcaires gris clair à jaunes, parfois rosâtres et finement lités qui affleurent par exemple au Nord du village d'Ab-e-Garm. Ces calcaires sont détritiques et plus ou moins dolomitiques à leur base. Ils contiennent des Pélécypodes et des Foraminifères. Leur épaisseur assez constante est de 30 m environ.

Un échantillon de la base recueilli à 5 km à l'Est du village d'Ab-e-Garm contient :

Nautiloculina oolithica
Choffatella sp.
Pseudocyclamina sp.

avec des Miliolidés, des Bryozoaires et des Algues.

D'après M. Mehrnush et Mme Arnaud, cet assemblage confirme l'appartenance de ce niveau au Barrémien supérieur - Bédoulien.

L'autre échantillon que nous avons récolté au Nord du même village, comporte les fossiles suivants qui indiquent le même âge que dans la localité précédente :

Palorbitolina sp.
Dictyoconus sp.
Nautiloculina sp.
Nummoloculina sp.
Boueina bochtetteri

Vers le haut de la série nous avons pris quelques échantillons au Nord du village de Mahmudabad qui ont fourni des microfossiles, d'âge Aptien d'après Mme Arnaud:

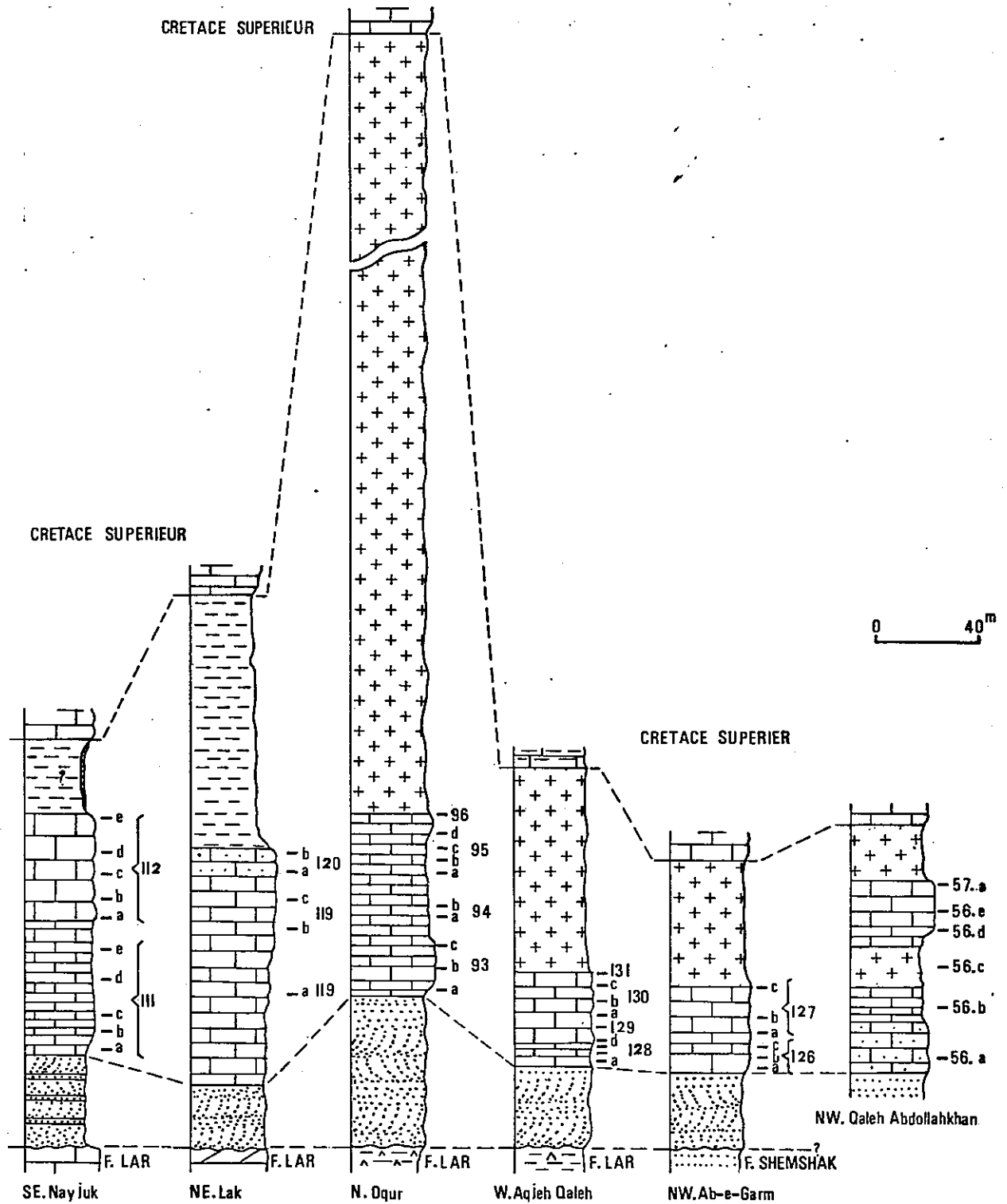
Praeorbitolina sp.
Nautiloculina cf oolithica
Simplorbitolina manasi
Cylindroporella cf sudgeni
Pseudocyclamina hedbergi
Boueina bochtetteri
Nummoloculina sp.
Cyclamminidae

Au Nord du village d'Oqur un changement de faciès s'observe et les calcaires sont remplacés par des calcaires gréseux verdâtres à gris clair qui comportent de nombreux fragments de Pélécypodes indéterminables.

Vers l'Ouest, à 4 km au Nord-Est de Lak, cette série affleure dans de bonnes conditions. Elle se compose de calcaires bruns à rosâtres, finement lités qui comportent des Foraminifères et des fragments de Pélécypodes (fig.24). La microfaune étudiée par M. Mehrnush indique un âge Bédoulien (échantillon 72.B.119.a) :

Praeorbitolina sp.
Nautiloculina sp.
Dictyoconus sp.

Fig.24 - Crétacé inférieur dans la chaîne d'Ab-e-Garm



avec des Miliolidés et des Algues.

- Une partie supérieure, qui affleure bien à 4 km au Nord-Est du village de Lak et plus loin vers l'Ouest au Sud-Est du village de Nayjuk. Elle constitue une barre de calcaires gris, parfois gréseux qui, morphologiquement ainsi que lithologiquement, est remarquable par rapport aux formations sous et sus-jacentes. Ces calcaires sont bien lités (l'épaisseur de chaque banc varie entre 30 cm à 2 m) et fracturés perpendiculairement au litage. Vers le sommet, ces calcaires, qui sont gréseux, sont caractérisés par l'apparition de nodules de silex. Ils contiennent essentiellement des Orbitolines et une quantité plus faible de Pélécypodes, d'Algues et de Bryozoaires.

Divers échantillons étudiés par Mme Arnaud, ont fourni les faunes suivantes du Gargasien :

Echantillon 72.B.119.b

Praeorbitolina winadsi
Dictyoconus packy marginalis
Paléodictyoconus sp.
Textulariella sp.

et des Miliolidés.

Echantillon 72.B.119.c

Orbitolina kurdica
Praeorbitolina sp.
Dictyoconus sp.

Echantillon 72.B.120.a et b

Sabandia minuta
Dictyoconus aff arabicus
Orbitolina cf texana
Orbitolina sp.
Praeorbitolina sp.
Spiroplectamina sp.
Pseudocylamina hedbergi
Textularia sp.
Miliolidés

La partie supérieure des calcaires à Orbitolines apparaît à l'Ouest du village d'Agjeh Qaleh, au Nord-Ouest de Qaleh-ye-Abdollah-Khan et à 4 km de Nayjuk, où elle est accompagnée de roches andésitiques à basaltiques. Les calcaires présentent les mêmes caractères que dans les autres localités, mais sont en bancs plus massifs. Des joints de tension y ont été remplis par de la calcite secondaire.

Au Nord-Ouest de Qaleh Abdollah Khan (fig.24) la partie inférieure des calcaires à Orbitolines ne comporte pas de fossiles déterminables. Elle est surmontée par des roches volcaniques et ensuite vient le calcaire de la partie supérieure, dont le premier échantillon qui vient de sa base contient les faunes suivantes du Bédoulien :

Praeorbitolina sp.
Boueina bochtetteri
Bryozoaires et Algues
(det. Mme Arnaud, M. Mehrnuch)

Vers le haut celui de 72.B.56.e indique l'Aptien .

Boueina bochtetteri
Acicularia clapei
Textularia sp.
Miliolidés

Le sommet des calcaires (72.B.57.a) a fourni les faunes suivantes, du Gargasien supérieur (Mme Arnaud) :

Praeorbitolina sp.
Cuneolina aff. hensoni
Sabaudia minuta
Pseudotextulariella scarsellai

L'épaisseur de la partie supérieure des calcaires à Orbitolines varie de 30 m à 96 m au maximum (au Sud-Est de Nayjuk).

Dans la chaîne d'Avaj septentrionale, les calcaires à Orbitolines affleurent dans trois localités :

- Au Sud du village de Qamishlu, où ils constituent environ 20 m de calcaires gris à jaunes, finement lités ; ils reposent en continuité sur les grès et conglomérats de la base et sont directement surmontés par le Miocène (Formation de Qom)

- Dans le noyau de Kuh-e-Aran, la base des calcaires à Orbitolines n'affleure pas. Des calcaires gris à Orbitolines et des Brachiopodes (Terebratula) y constituent une couche assez épaisse par rapport à celle de la chaîne d'Ab-e-Garm (150 m). Un échantillon de calcaire a fourni :

Praeorbitolina sp.
Lenticulina sp.
Nummuloculina sp.
Textularia sp.
Miliolidés et Orbitolinidés

D'après M. Mehrnush cette faune indique l'Aptien.

- Au Sud des villages Mendak et d'Astalaj, les calcaires à Orbitolines sont gris, brun clair à rougeâtres, fortement diacrasés et recristallisés. Habituellement, les fractures sont remplies par de la calcite. On y voit des nodules de silex et des Foraminifères assez mal conservés à cause de la recristallisation. Dans ces localités, les calcaires sont associés à des roches andésitiques ou basaltiques, localement très altérées. De toute façon ces calcaires ont les mêmes caractères que dans la localité précédente et ne sont pas riches en fossiles. Un échantillon a fourni :

Orbitolina kurdica
Orbitolina aff manasi
Cuneolina sp.
Iraqia sp.
Praeorbitolina sp.
Textularia sp.

D'après Mme Arnaud et M. Mehrnush cet assemblage confirme l'appartenance de ces calcaires du Bédoulien terminal à Gargasien.

1.3 Schistes marneux et marnes

Cet ensemble ne s'observe que dans la chaîne d'Ab-e-Garm, entre les villages de Nayjuk et de Lak. Il est surtout bien développé à l'Ouest de Nayjuk où il surmonte en concordance l'ensemble des calcaires à Orbitolines, tandis qu'il repose directement, au Sud, sur les calcaires du Jurassique supérieur (Formation de Lar). Vers le Sud (versant méridional de Kuh-e-Qanbarlu), cet ensemble de marnes et de schistes marneux passe latéralement à une série de calcaires à interlits de marnes. Il est représenté par des couches uniformes de schistes marneux et de marnes, parfois calcaires, vertes à grises, qui contiennent de rares nodules calcaires et gréseux. Cet ensemble y est fortement plissé et son épaisseur est d'environ 200 m. Des joints de tension y ont été observés, remplis par de la calcite. Ces marnes ne comportent jamais de fossiles, mais on peut en trouver dans les nodules calcaires :

Nautiloculina oolithica
Proeorbilolina sp.
Pseudocyclamina hedbergi
Pseudochrysalidina sp.
Textulariella sp.
Orbitolinidés

D'après M. Mehrnush et Mme Arnaud cette faune indique l'Aptien.

Au Nord du village de Lak, les marnes sont moins épaisses (environ 60 m) avec les mêmes caractères que dans la localité précédente.

1.4 Les roches volcaniques

Cet ensemble est bien développé dans la chaîne d'Ab-e-Garm, essentiellement au Nord des villages d'Oqur et de Meyandarreh. Il existe aussi de petits affleurements au Nord-Ouest de Qaleh Abdollak Khan. On l'observe enfin dans la chaîne d'Avaj septentrionale localement, au Sud des villages de Mendak et d'Astalaj.

Dans la première chaîne, il est en général surmonté transgressivement par les assises du Crétacé supérieur (Cénomaniens - Turonien) ; tandis que dans celle d'Avaj, il est suivi en discordance par les terrains tertiaires.

Il se compose de tufs andésitiques et de laves. Dans celle-ci on distingue successivement, des andésites, andésites basaltiques, basaltes andésitiques, basaltes et porphyrites. Ces volcanites ont été recoupées par des intrusions de diabase, en sills et dykes.

Caractères macroscopiques des roches volcaniques

Couleur caractéristique verte, brune à noire ; texture généralement aphanitique, sauf quelques basaltes qui contiennent des cristaux de pyroxène et d'olivine, visibles à l'oeil nu. En certains endroits on voit aussi, dans les andésites et les basaltes, des amygdales remplies par de la calcite et du quartz.

En général fortement altérées, ces laves n'ont aucun rôle morphologique. On connaît cependant quelques sommets qui sont formés de variétés plus compactes (Nord d'Oqur, Sud de Mendak et Astalaj). De nombreux joints de tension et des miroirs de failles sont visibles ça et là.

Etude microscopique

Au microscope, on peut distinguer les variétés suivantes :

Tuf andésitique : fragments de roches volcaniques intermédiaires noyés dans une matière composée de chlorite, calcite, sphène et oxyde de fer.

Tuf andésitique, vésiculaire et lithoclastique : sa structure est clastique et se compose essentiellement de fragments d'andésites et de basaltes andésitiques (principalement de phénocristaux de plagioclases dans une pâte microlitique, partiellement altérée). Les fragments de cristaux sont des lattes de plagioclases. Les vésicules sont remplies par de la chlorite et on observe aussi de nombreux grains de minéraux opaques.

Tuf à cristaux de nature andésitique : il se compose essentiellement de grands cristaux de plagioclases et de calcite noyés dans une matrice quartzofeldspathique. Les minéraux ferromagnésiens sont complètement altérés en minéraux secondaires : calcite, chlorite et albite. Minéraux opaques en grande quantité.

Andésite : Structure porphyrique et pilotaxique vésiculaire. Ces roches sont principalement composées de plagioclases (microlithes et phénocristaux de 1,5 mm de long, avec une composition oligoclase-andésine et des macles polysynthétiques) en partie séricitisées. La pâte se compose de microlithes de plagioclase, d'une quantité mineure de quartz, de calcite et de chlorite en abondance. Les minéraux accessoires sont l'apatite et des minéraux opaques.

Par endroits on a une brèche andésitique fortement altérée. Les cristaux de plagioclase sont séricitisés, chloritisés et partiellement altérés en épidote. Les minéraux ferromagnésiens originaux sont complètement altérés en chlorite et uralite (trémolite et actinote). Les fragments se composent de cristaux de plagioclase dans une matrice de minéraux opaques, de zoolites et de plagioclases.

Andésite à pyroxène. Elle montre la même structure que l'andésite décrite ci-dessus et se compose de plagioclases (microlithes de composition andésine) de pyroxène (augite partiellement altérée en chlorite et calcite) et d'amphiboles. Les minéraux secondaires sont l'albite, séricite, chlorite et uralite. De grands cristaux d'augite et des plagioclases de taille moyenne sont noyés dans une pâte faite de lattes de plagioclases avec de petits grains opaques. L'apatite existe en tant que minéral accessoire.

Andésite basaltique. Sa structure est porphyrique fluidale. Ses minéraux essentiels sont des phénocristaux originellement ferromagnésiens (olivine, complètement remplacée par l'iddingsite, des oxydes de fer et des carbonates). La pâte se compose de plagioclases (d'une composition approximative labrador) avec des carbonates secondaires et des grains de minéraux opaques.

Basalte andésitique vésiculaire : surtout constitué de microlithes de plagioclases (andésine - labrador). On y observe aussi quelques cristaux de pyroxènes, chlorite, oxydes de fer et quartz.

Basalte andésitique spilitisé : cette roche est surtout constituée par des plagioclases (cristaux de petite et grande taille en partie albitisés et séricitisés). Les minéraux ferromagnésiens sont des cristaux d'olivine remplacés par des oxydes de fer et de la serpentine. La chlorite et la calcite sont secondaires. La mésostase est très oxydée et contient des carbonates et des minéraux opaques.

Basaltes à augite et olivine. Ils sont caractérisés par des structures porphyriques, pilotaxiques, et intergranulaires, et sont essentiellement composés de plagioclases (andésine - labrador), de clinopyroxène (augite) et d'olivine. Beaucoup de phénocristaux sont remplacés par de l'antigorite, de la calcite et des oxydes de fer. Certains étaient originellement des cristaux d'olivine et d'augite. De petits grains d'augite sont entourés par de l'iddingsite et de la magnétite. Minéraux secondaires : serpentine, iddingsite, oxyde de fer, uralite, calcite et albite.

Porphyrite. Les cristaux principaux de la roche sont des lattes de plagioclases (en partie altérés en minéraux argileux), des minéraux ferromagnésiens comme le pyroxène remplacé par des ovydes de fer et de la calcite. Minéraux secondaires : épidote, sphène, calcite, grains de minéraux opaques et un peu de quartz.

En résumé : les assises du Crétacé inférieur offrent une puissance de 300 m avec parfois plus de 500 m de roches volcaniques. Leur limite inférieure est marquée par une discordance angulaire distincte sur la formation de Lar (voir photo 1, planche 4) et parfois celle de Shemshak. Une autre discordance légère s'observe entre les calcaires et les volcanites de l'Aptien et le Crétacé supérieur (Cénomanién - Turonien).

Age

Comme nous l'avons dit, on ne connaît aucun fossile à la base de cette formation. Les microfossiles qui viennent du premier niveau calcaire montrent un âge Barrémien supérieur (voir la description détaillée). Au-dessus, les autres faunes indiquent le Bedoulien et le Gargasien.

2. Le Crétacé dans le Kuh-e-Bozorg (Au Nord-Ouest de la chaîne d'Ab-e-Garm)

Dans cette localité, séparée par les failles de la chaîne d'Ab-e-Garm, on ne voit que le Crétacé inférieur. Cette montagne (Kuh-e-Bozorg) appartient au sillon Zanzan-Ordubad (Stöcklin, Nabavi 1968) dans laquelle on observe une série crétacée épaisse, de type flysch, légèrement métamorphique associée à quelques roches volcaniques. La base n'affleure pas. La série visible est faite d'un ensemble de schistes avec des roches volcaniques et des calcaires à Orbitolines.

2.1 Les schistes

La partie inférieure de cet ensemble est représentée par des schistes uniformes, gris foncé à noirs, légèrement compactés et déformés, fortement plissés et faillés. Leur épaisseur est d'environ 250 m.

A leur partie supérieure, ces schistes sont associés à quelques lits de calcaires gris à Orbitolines et accompagnés par des roches andésitiques et des diabases. Ces volcanites sont légèrement compressées et déformées. On connaît aussi des tufs andésitiques lithoclastiques et des keratophyres. Ce sont des roches de couleur brune, verte à vert foncé, très altérées par endroits.

Au microscope, les tufs montrent une structure clastique et différents fragments de roches, en majorité andésitiques, certains partiellement dévitrifiés. Ces fragments sont noyés dans une matrice composée de chlorite, calcite et plagioclase. L'altération de la matrice et des fragments de roches suggère une origine sous-marine possible pour ce volcanisme.

Andésite. La structure de la roche est porphyrique. La pâte est légèrement recristallisée et constituée de microlites de plagioclase et de minéraux secondaires. Les minéraux essentiels sont des phénocristaux de plagioclases (partiellement altérés) et des minéraux ferromagnésiens secondairement remplacés par de la chlorite, calcite, sphène, épidote et séricite. Des grains opaques en minéraux accessoires.

Kératophyre. Sa structure est porphyrique et essentiellement composée de phénocristaux de plagioclase sodique, des fantômes de minéraux ferromagnésiens (peut être hornblende) et de l'augite noyés dans une pâte à structure trachytique, principalement composée d'albite, chlorite, épidote, sphène, et minéraux opaques. L'albitisation métasomatique a pu se faire pendant ou après solidification, au cours d'une mise en place sous-marine. La roche est fortement altérée et la plupart des minéraux mafiques ont été remplacés par la préhnite, l'épidote et la chlorite.

Diabase. Structure ophitique et intergranulaire. Les espaces, de forme irrégulière, entre les lattes de feldspaths sont remplis par de la chlorite et de la calcite. La roche se compose essentiellement de lattes de plagioclase jusqu'à 0,5 mm de long (andésine - oligoclase) : 25 - 30 %. Minéraux secondaires : calcite 30 - 35 %, chlorite 25 %, et biotite 5 %. On y voit aussi des grains opaques.

Cet ensemble dont l'épaisseur dépasse 370 m, est surmonté par des calcaires à Orbitolines. Les microfaunes que nous avons récoltées dans les couches calcaires, ont fourni :

Dictyoconus sp.
Orbitolinidae

de l'Aptien

2.2 Les calcaires à Orbitolines

Cet ensemble se compose de calcaires gris clair, blanc laiteux, recristallisés et bien lités. Ils contiennent des Orbitolines, dont les structures internes ont complètement disparu par cristallisation. Légère schistosité : l'épaisseur de cet ensemble est d'environ 200 m. Plusieurs échantillons n'ont donné que des Orbitolinidae, Aptien.

Plus au Nord-Ouest, en dehors du terrain étudié, ce niveau schisteux est plus fortement tectonisé, au point qu'il a été représenté comme complexe métamorphique précambrien sur la carte géologique de l'Iran. Mais J. Hagian (1968) y a trouvé des Orbitolines dans des intercalations calcaires.

3. Le Crétacé dans la zone de Razan

Les assises du Crétacé inférieur reposent en discordance sur une surface d'érosion du Jurassique supérieur. Elles peuvent être divisées en deux unités : calcaires de l'Aptien et schistes de l'Albien.

3.1 Unité de l'Aptien

Cette unité est bien développée à l'Ouest du village de Khowandeh où son épaisseur est d'environ 200 m. Sa base est caractérisée par un lit épais de 1 à 3 m de calcaire gréseux et dolomitique brun à rouge avec des Pélécypodes. Ils continuent vers le haut par une série de calcaires gris et gris foncé recristallisés et bien lités. On y voit des joints ordinaires et des joints de tension remplis de calcite. Ces calcaires montrent les traces d'une intense déformation (plis, schistosités et boudinages). Ils contiennent des Orbitolines et d'autres organismes recristallisés, mal conservés.

Un échantillon récolté dans la première couche a fourni :

Praeorbitolina sp.
Dictyoconus sp.
Iraqia sp.
Orbitolinidae de l'Aptien

Dans le Kuh-e-Darband et Kuh-e-Qareh Qez et au Sud du village de Khanabad, ces calcaires sont fortement fracturés et recristallisés. Les fossiles sont, de ce fait, très mal conservés.

Au Sud du domaine étudié cette unité de base affleure dans le Qowyum Tappeh et s'étend vers le Sud dans la région voisine (Hamadan). Elle y est représentée par des calcaires tantôt sans organismes tantôt à Orbitolines qui montrent les mêmes caractères que dans les localités précédentes. Les microfaunes sont les mêmes qu'à l'Ouest du village de Khowandeh et indiquent un âge Aptien.

Cette unité repose directement en discontinuité sur les schistes du Jurassique et est surmontée en discordance angulaire par les terrains de l'Oligo-Miocène.

3.2 Unité 2 (Schistes de l'Albien)

Les assises de cette unité peuvent être observées seulement dans le Kuh-e-Qareh Lar (30 km au Sud-Ouest du village de Razan) où l'unité précédente n'affleure pas (fig.25). Elles sont surmontées par l'Oligocène (Formation Rouge Inférieure). Elles sont représentées par une série de schistes uniformes, gris à gris foncé, légèrement déformés, qui contiennent quelques couches de schistes calcaires noirs à leur partie inférieure avec des nodules gréseux et calcaires. Ces derniers peuvent contenir des Ammonites. On observe quelques petits filons et lentilles de calcite. La schistosité, assez légère, se manifeste dans les schistes, parallèlement à la stratification.

Sa partie moyenne se compose de quelques mètres de schistes gréseux et calcaires avec des calcaires de couleur gris foncé ou noire à patine brunâtre. Les assises calcaires contiennent des fragments d'Ammonites, Bélemnites et Pélécypodes. Parmi eux, divers formes identifiées par D. Seyed-Emami confirment l'appartenance de ce niveau à l'Albien :

Acanthoplites sp.
Grammatodon sp.
Inoceramus concentricus Parkinson
Puzosia sp.
 Belemnitidés

Sa partie supérieure est représentée par une série uniforme de schistes gris à noirs, parfois gris vert avec quelques lits et de petites lentilles de calcaires noirs. Pas de fossiles.

Le résultat de la détermination des fossiles montre que la transgression du Crétacé inférieur est survenue à l'Aptien ou peut être au Barrémien. Les mêmes résultats sont obtenus dans les régions d'Hamadan - Malayer et au Sud - Est d'Arak.

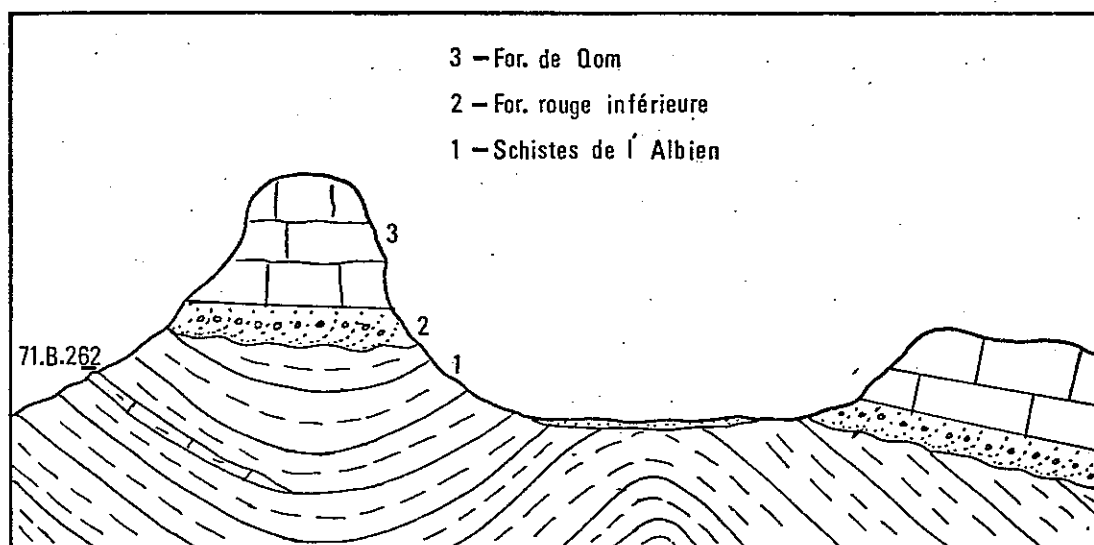


Fig. 25 - Coupe schématique des schistes de l'Albien dans le Kuh-e-Qareh Lar

4. Comparaisons et aperçu paléogéographique

Le Crétacé inférieur est assez largement développé en Iran, sous des faciès qui varient suivant les régions :

Dans la chaîne d'Alborz, L. Krambec (1922) a trouvé des fossiles hauteriviens, tandis que A. Rivière (1934) a mentionné une faune paraissant néocomienne à l'Est de Téhéran. La transgression est datée du Néocomien par J. Dellenbach (1964) alors que d'après R. Asseretto et al (1964) elle n'aurait débuté qu'au Bédoulien. Allenbach et Steiger (1966) ont décrit une série de gypses et de roches volcaniques de l'Aptien dans la région de Damavand et Firuzkuh. Le Néocomien (calcaires à Calpionelles et Ammonites d'âge Bérriasien) a été cité par J. Eftekhari Nejad et al (1965) dans la région de Tarom - Talesh. B. Hamzepour (1970) a distingué dans la région de Colur, une série complète du Néocomien indiquant la continuité de la sédimentation entre le Jurassique et le Crétacé. C'est aussi la conclusion de R.G. Davies et al. (1972) qui ajoutent quelquefois une petite interruption entre le Tithonique et le Bérriasien dans la région de Masuleh (voir tableau 5).

En Iran Central, le Crétacé inférieur débute généralement à l'Aptien. Il a été découvert par J. Stocklin (1961) dans la région de Nayband et par M. Mohafez et al. (1963) à Jandagh - Biabanak. A. Gansser (1955) pense même que le Crétacé ante-Aptien n'existe pas dans tout l'Iran Central. Mais J. Eftekhari-Nezhad a trouvé des fossiles du Néocomien dans quelques collines isolées de la région de Doruneh (com. pers.).

Dans la zone de Sanandaj - Sirjan, les calcaires du Crétacé inférieur sont interstratifiés avec des roches volcaniques surtout au Nord de Golpayegan (O. Thiele et al 1968).

Dans la région d'Avaj. Des mouvements orogéniques anté-crétacés (néocimmériens s.l.) entraînent l'émersion de la région d'Avaj, comme presque partout ailleurs en Iran.

La mer transgressive du Barrémien couvre à nouveau la zone d'Ab-e-Garm et donne des dépôts terrigènes (essentiellement grès et conglomérats) ainsi que des calcaires néritiques témoignant d'une subsidence peu active. Ce régime continue au Bédoulien et au Gargasien. Une couche de calcaire du Gargasien tardif indique un niveau de plage montrant une série régressive allant jusqu'à l'émersion. Pendant l'Aptien ces dépôts sont associés à des roches volcaniques qui peuvent être une indication du commencement des mouvements épirogéniques qui se manifestent entre le Crétacé inférieur et le Crétacé supérieur.

A cause de ces mouvements, cette zone a dû émerger vraisemblablement à partir de l'Albien (voir tableau 5).

Dans le Kuh-e-Bozorg (extrême Nord-Ouest de la zone d'Ab-e-Garm) où l'on ne voit plus la base du Crétacé inférieur, l'âge de la transgression n'est pas nettement établi.

La zone de Razan a dû aussi être émergée pendant le Néocomien et vraisemblablement pendant le Barrémien (voir tableau 5). La mer s'installe à nouveau au cours de l'Aptien inférieur, déposant des calcaires de type peu profond, à Orbitolines et Pélécypodes. Au début de l'Albien, les dépôts passent à des schistes parfois gréseux et calcaires à Ammonites et Pélécypodes, indiquant une régression qui se produit peut être à la fin de cet étage.

TABLEAU 5 : CORRELATION DES FORMATIONS DU JURASSIQUE SUPERIEUR ET DU CRETACE INFÉRIEUR EN IRAN

JURASSIQUE SUP.			CRETACE INFÉRIEUR						Période			
Oxfordien	Kimmeridgien	Tithonique	Berriasien	Valanginien	Hauterivien	Barrémien	Aptien	Albien	Etage			
FOR. DE MOZDURAN			FOR. DE TIRGAN. FOR. DE SHURIJEH						FOR. DE ATAMIR	Koppeh Dagh	NORD ET NORD - EST DE L'IRAN	
									FOR. SANGANEH			
									F. SARCHESMEH			
FOR. DE SHAL			FORMATION DE COLOUR				Calcaires à Orbitolines		W Alborz (Talesh)	AVAJ		
GROUPE DE TALESH									S Alborz (Azerbeïdjan)			
Calcaires du JURASSIQUE Sup. NEOCOMIEN						FOR. DE CHALUS	N Alborz Chalus					
						FOR. ? TIZ-KUH Cal. à Orbitolines						
FOR. DE LAR			Gypse et Volcanites					Ab-e-Garm		Razan		
						FOR. DE LAR					Gypse et Volcanites	
Grès et Congl.								Calcaires à Orbitolines		Schistes à Ammonites		
												Calcaires à Orbitolines
FORMATION DE BIDOU												
						FOR. DE ESFANDIAR						Calcaires à Orbitolines
FOR. DE QALEH DOKHTAR												
						Calcaires à Pectens						Calcaires à Orbitolines
Cal. à Pectens												
						Cal. de NAR						Calcaires à Orbitolines
Gypse												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE FAHLIAN												
						FORMATION DE GARAU						FORMATION DE GARAU
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						FORMATION DE SURMEH
FORMATION DE SURMEH												
						FORMATION DE SURMEH						

Des mouvements épirogéniques mettent fin au régime marin du Crétacé inférieur, entraînant une émergence de la zone d'Ab-e-Garm durant l'Albien. Mais au début du Crétacé supérieur, la mer transgressive envahit à nouveau seulement cette zone. Elle dépose d'abord des sédiments de type peu profond, formés essentiellement de calcaires et de calcaires gréseux à glauconie, puis viennent des marnes et des calcaires à Globotruncana indiquant un certain approfondissement. Les sédiments néocrétacés reposent en discordance sur les différents ensembles du Crétacé inférieur.

Les caractères lithologiques du Crétacé supérieur sont très constants, sauf au Nord du village de Meyandarreh, où les calcaires récifaux à Hippurites d'âge Maëstrichtien, atteignent leur épaisseur maximale (182 m). On les voit aussi au Nord-Ouest de Qaleh Abdollah Khan, et au Sud de Sakiznab.

Quatre unités lithologiques peuvent être distinguées dans cette formation. Nous prendrons comme coupe type celle située au Nord du village de Meyandarreh, où son épaisseur est d'environ 900 m (fig.26).

1. Unité A

Elle est représentée à sa partie inférieure par une couche d'environ 40 cm à 2 m, de calcaires conglomératiques et noduleux de couleur grise à verte. Les nodules sont des Gastéropodes, essentiellement des Cérithes, qui ont été cimentés dans une matrice carbonatée (horizon 5 - 6). Il existe aussi quelques Foraminifères indéterminables. Ces couches sont surmontées par une série uniforme de calcaires, calcaires gréseux à glauconie et calcaires marneux de couleur gris clair à verte, bien lités, d'aspect diaclasé. Ils comportent des nodules de silex à leur partie inférieure et ont fourni des Oursins ainsi que des Foraminifères (horizon 7 - 10). Deux échantillons de ces horizons (72.B.72.b.c) contiennent les microfaunes suivantes :

Rotalipora sp.
Hedbergella sp.
Textularia sp.
Fronicularia sp.

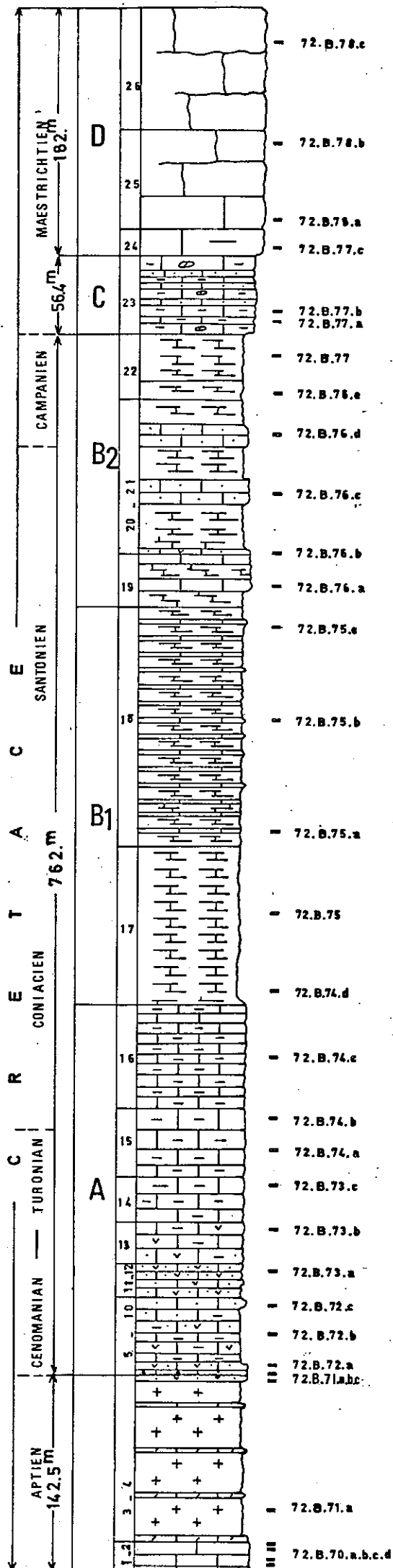
D'après M. Mehrnush, cet assemblage confirme l'appartenance de ce niveau au Cénomamien.

Vers le haut, la coupe continue par des calcaires gréseux à glauconie, sans fossiles (horizon 11 - 12).

La partie moyenne de cette unité se compose de calcaires marneux et gréseux verdâtres et bien stratifiés. On y observe rarement de la glauconie. Ils comportent quelques fragments de Pélécypodes, des Oursins et une microfaune qui indique un âge turonien :

Lenticulina sp.
Calcisphaerula innominata
Pithunella ovalis
Textularia sp.

Mais, parmi les Oursins, Holaster nodulosus (Goldfuss) indiquerait plutôt le Cénomamien.



0 60m

Fig. 26 - Coupe stratigraphique du Crétacé au N du village de Meyandarra

Les spécimens venant des horizons 14 - 15 contiennent la faune ci-dessous du Turonien (échantillon 72.B.73.c et 74.a) :

Stomiosphaera sphaerica
Calcisphaerula innominata
Pithunella ovalis
Hedbergella sp.
Lenticulina sp.
Rotalipora sp.
Oligostegina sp. (det. H. Partoazar)

La partie supérieure de cette unité est essentiellement composée de calcaires argileux finement lités, diaclasés, de même couleur que les termes précédents, et qui contiennent les Foraminifères suivants, du Coniacien - Santonien :

Globotruncana lapparenti
Globotruncana concavata
Stomiosphaera sphaerica
Calcisphaerula innominata
Pithunella ovalis
Rotalipora sp.
Chrystalidina sp.

L'épaisseur de cette unité est d'environ 270 m.

2. Unité B

C'est l'unité la plus épaisse de cette formation (environ 490 m). Elle peut être divisée elle-même en deux subunités :

2.1 Subunité B1

Elle se compose d'une série uniforme de marnes, parfois calcaires à leur partie inférieure. Les marnes comportent seulement quelques Gastéropodes et des fragments d'Oursins. Parmi ces dernières Micraster cf gibbus (Lamarck) et Echinocorys gibbus Lambert montrent un âge Santonien.

Sa partie supérieure est représentée par une alternance de marnes et de marnes calcaires grises à verdâtres ; les marnes prédominent. Les calcaires sont parfois micritiques et à Oligostégina. Un échantillon que nous avons récolté dans la première couche des calcaires, contient la faune suivante indiquant un âge santonien (72.B.75.a) :

Stomiosphaera sphaerica
Hensonella cylindrica
Calcisphaerula innominata
Pithunella ovalis (det. M. Mehrnush)

L'autre échantillon, qui vient de la dernière couche de calcaire de cette subunité, montre encore le Santonien (72.B.75.c) :

Globotruncana sp.
Globigerina sp.
Oligostegina sp.

2.2 Subunité B2

Morphologiquement, elle forme des collines peu élevées et se compose des horizons suivants :

- Marnes vertes, parfois calcaires, finement litées avec quelques lits de calcaires à Oligostegina. On y trouve une microfaune santonienne (72.B.76.a) :

Globotruncana sp.

Oligostegina sp.

- Calcaires gréseux à glauconie sans fossile (environ 2 m).

- Marnes calcaires vertes assez épaisses, suivies par une alternance de marnes et de calcaires un peu gréseux. Un échantillon de ces dernières contient la faune suivante du Campanien (72.B.76.d) :

Globotruncana ventricosa

Globotruncana sp.

Oligostegina sp. (det. A. Partoazar)

On y voit aussi Micraster cf fastigiatus qui confirme l'âge donné par la microfaune.

- Marnes vertes avec des Oursins à leur partie inférieure. Vers le sommet on y observe deux lits de calcaires gréseux (d'épaisseur décimétrique) qui contiennent les mêmes Foraminifères que l'horizon précédent. Au milieu des oursins K.Seyed-Emami a identifié Isomicraster gibbus (Lamarck) du Campanien.

3. Unité C

C'est la plus mince de cette formation (environ 56 m). Elle est représentée par une série de calcaires gréseux et marneux, gris à verts, organodétritiques avec quelques intercalations de calcaires noduleux, bien diaclasés. Les nodules sont des Pélécypodes et des Brachiopodes cimentés par une matrice calcaire et marneuse. Ils contiennent aussi des Hippurites, Radiolites, des Bryozoaires et des Algues. Tous ces fossiles sont mal conservés, sauf les Hippurites et les Radiolites qui indiquent un âge maëstrichtien inférieur :

Vaccinites vredenburgi Kühn

Osculigera kleggi Kühn

(det. J. Philip)

Ces faunes ont été aussi décrites en Iran par Vogel (1971).

4. Unité D

Cette unité calcaire contraste avec les fractions encadrantes. En effet sur le terrain, elle constitue une falaise bien élevée qui se détache nettement du talus marneux sous-jacent et forme un repère lithologique commode (horizon 24 - 26 de la fig.26).

Elle est bien développée dans cette localité et représentée à sa partie inférieure par une succession de calcaires, de couleur grise à brun clair, bioclastiques, avec des Coralliaires et des Algues. Ces calcaires sont essentiellement gréseux et détritiques à leur base. Ils sont stratifiés ou massifs, mais assez diaclasés et contiennent des Brachiopodes, des Hippurites et des Foraminifères. Un échantillon de leur base comportent Vaccinites kleggi Kühn du Maëstrichtien inférieur.

A leur partie supérieure les calcaires deviennent complètement massifs et récifaux. Ils sont assez diaclasés et recristallisés et constituent la falaise principale de cette unité. Ces calcaires sont détritiques, parfois gréseux, et comportent des Algues, des Coralliaires et de rares fragments d'Hippurites, de Brachiopodes et de Foraminifères. Parmi ces derniers, la faune ci-dessous montre un âge maëstrichtien :

Siderolites sp.

Textularia sp.

Miliolidés

Les assises du Crétacé supérieur au Nord du village de Meyandarreh reposent en discordance sur les roches volcaniques de l'Albien. La partie supérieure est tronquée tectoniquement.

Au Nord-Ouest de Qaleh AbdollahKhan, on observe les mêmes unités que dans la localité précédente, avec quelques changements lithologiques.

L'unité A montre à sa base une couche de 2 m de calcaires noduleux, qui se poursuit par un lit de glauconite de couleur vert foncé à vert olive, d'épaisseur variable (1 - 1,5 m) et qui disparaît latéralement. Celle-ci est surmontée par une série uniforme de calcaires, parfois marneux et gréseux. Les Foraminifères du premier horizon fossilifère montrent un âge Cénomanien - Turonien (voir fig.27) :

Stomiosphaera sphaerica

Calcisphaerula innominata

Pithunella ovalis

Rotalipora sp.

Vers le haut, un échantillon qui vient de la partie moyenne et un autre du sommet de cette unité, contiennent :

Lenticulina sp.

Globotruncana lapparenti

Globotruncana lapparenti coronata

Stomiosphaera sphaerica

D'après M. Mehrnush cette faune confirme l'appartenance de ce niveau au Turonien - Coniacien.

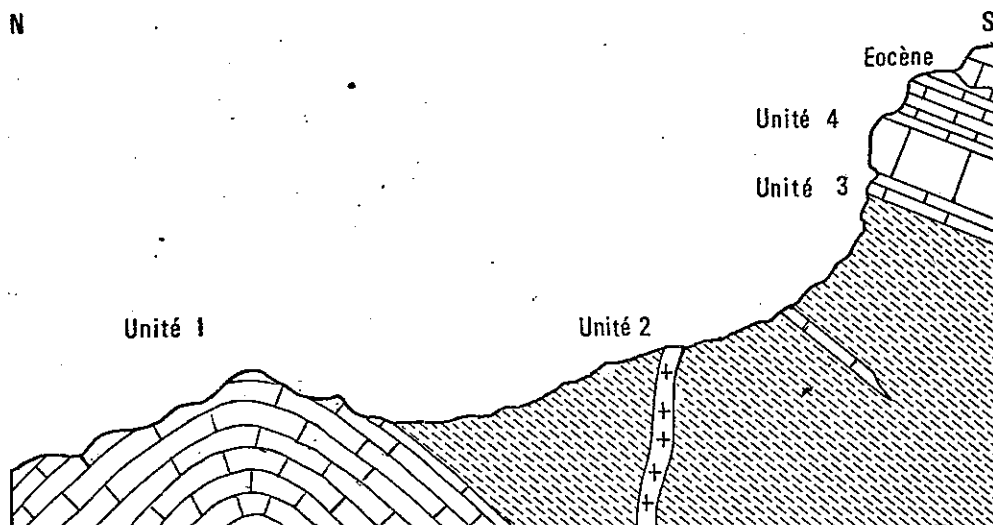


Fig. 27 - Coupe schématique du Crétacé supérieur au Nord de Qaleh Abdollahkhan

L'unité B se compose essentiellement de marnes, parfois calcaires avec quelques lits de calcaires. Les échantillons que nous y avons récoltés permettent d'établir les mêmes conclusions qu'à la localité précédente.

Vers l'Est (au Sud du village de Sakiznab) les unités 3 et 4 ont les mêmes caractères lithologiques qu'au Nord de Meyandarreh, mais leur épaisseur est réduite à 20 m au maximum. On y voit des *Terebratula* sp. et les mêmes Hippurites et Radiolites, qu'au Nord de Meyandarreh. Ces Hippurites sont assez grands (10 - 60 cm). Au-dessus des calcaires récifaux de l'unité 4, on observe une série de calcaires gris, bien lités et détritiques, qui ont fourni plusieurs *Cyclolites* bien conservés et des fragments de Pélécypodes. Mais on n'y voit aucune microfaune déterminable. Les *Cyclolites*, qui ont été identifiés par M. Beauvais montrent un âge Maëstrichtien.

Le Crétacé supérieur repose en discordance sur les volcanites de l'Aptien, et est surmonté par les assises de l'Eocène. Vers l'Est (Sud de Sakiznab) il vient buter contre le Jurassique (Formation de Shemshak) et d'autres terrains plus jeunes, le long de la faille d'Hassanabad.

Vers l'Ouest, son contact inférieur est toujours faillé, ou discordant. Il est surmonté par l'Eocène ou l'Oligo-Miocène. On n'y observe que les unités 1 et 2, avec peu de changements lithologiques. Les unités 3 et 4 ont vraisemblablement disparu par suite de l'intense érosion post-crétacée et pré-éocène.

Au Nord du village de Lak, l'unité 1 de cette formation se compose de calcaires gréseux et glauconieux, d'aspect parfois noduleux à leur partie inférieure. Ils contiennent des Pélécypodes, des Gastéropodes, des Brachiopodes, des Oursins, et de rares fragments d'Ammonites. Parmi ces fossiles, qui sont mal conservés, on a pu déterminer :

Mantelliceras (Submantelliceras) sp.
Neitheia sp.
Hemiaster sp.

Exogyra sp.
Discoidea sp.

Faune d'âge Cénomanién d'après K. Seyed-Emami.

Ces couches calcaires passent graduellement aux calcaires marneux du Turonien - Sénonien. Dans cette localité le Crétacé supérieur repose également en discordance sur l'ensemble marneux de l'Aptien.

5. Comparaison et aperçu paléogéographique

Après une régression presque générale à la fin du Crétacé inférieur, la mer transgressive du Crétacé supérieur couvre à nouveau la majeure partie du pays. Il lui correspond les différents faciès que nous allons résumer rapidement.

5.1 La région de l'Alborz

D'après A. Gansser (1955) fut marquée, après le Crétacé moyen par des mouvements épirogéniques qui se traduisent par une discordance des marnes du Cénomanién sur le Mésozoïque plus ancien ou le Carbonifère. J. Dellenbach (1964) a daté cette discordance du Turonien supérieur - Sénonien inférieur à l'Est de Téhéran.

5.2 En Iran Central

J. Stöcklin (1968) a observé une continuité entre le Crétacé inférieur et le Crétacé supérieur à l'Est de Kuh-e-Darband, tandis que, dans le Kuh-e-Chehel Payeh, le Sénonien transgressif repose sur des couches plus anciennes. Dans la région de Jandagh - Biabanak, le Crétacé supérieur est représenté par des assises du Santonien. Une activité volcanique se manifeste ensuite, suivie d'une transgression au Maëstrichtien. Vers l'Ouest, dans la région d'Isfahan, K. Seyed-Emami et al. (1971) ont décrit une continuité de sédimentation entre Crétacé inférieur et supérieur, tandis que vers le Nord-Ouest (région de Tafresh), une lacune stratigraphique apparaît entre l'Aptien et le Turonien (Hadjian 1970).

5.3 Dans la chaîne du Zagros

Une lacune stratigraphique existe entre le Turonien et le Sénonien. De ce fait, les calcaires du Santonien ou les marnes du Campanien surmontent directement le Turonien, voire des formations plus anciennes.

5.4 Dans la région d'Avaj

A la suite de la régression qui avait marqué la fin du Crétacé inférieur, la mer revient au Cénomanién et occupe à nouveau la zone d'Ab-e-Garm. Dans cette zone, la série débute par des sédiments terrigènes, marins, à savoir des calcaires gréseux et glauconieux du Cénomanién - Turonien, transgressifs, sur le Crétacé inférieur. Leur font suite des calcaires marneux pélagiques à Globotruncana, puis des calcaires récifaux et massifs à Hippurites du Maëstrichtien.

Dans la zone de Razan, qui était demeurée émergée après l'Albien, le Crétacé supérieur est complètement inconnu. La mer du Cénomanién - Turonien n'a pas envahi seulement cette zone, mais aussi une partie de la zone de Sanandaj - Sirjan, de 50 km à l'Ouest d'Hamadan (Amidi, com.pers.) jusqu'à l'Arak.

E - TERTIAIRE

a - EOCENE

A la fin du Crétacé et au début de l'Eocène, des mouvements orogéniques résultant de la phase laramienne, ont affecté la région d'Avaj comme la majeure partie de l'Iran. Trois formations lithologiques, de faciès nettement différents, peuvent être distinguées dans la série des dépôts du Paléocène à l'Eocène supérieur :

- Une formation conglomératique d'une puissance de plus de 250 m, essentiellement développée dans la partie inférieure, dont il est possible de faire l'équivalent de la "Formation de Fajan" de la chaîne de l'Alborz et qui peut être attribuée au Paléocène. A certains endroits, cette formation repose en discordance sur les terrains du Crétacé supérieur ou les formations plus anciennes.

- Sur cette formation conglomératique repose en continuité de sédimentation une série de calcaires à Nummulites, qui vraisemblablement, correspondent à la "Formation de Ziarat" de l'Alborz Central, d'âge Ypresien à Lutétien. En plusieurs endroits ces calcaires reposent en discordance sur les formations anciennes.

Stratigraphiquement, ces deux formations, qui constituent seulement une petite partie de l'Eocène, sont les repères les plus importants.

- Les calcaires à Nummulites sont surmontés par une épaisse série de tufs verts et de roches volcaniques assez variées avec une puissance totale de 2 500 m. Cette formation, qui représente la partie supérieure de l'Eocène, peut être équivalente à la "Formation de Karaj" de la chaîne de l'Alborz. Elle est bien développée dans la zone d'Ab-e-Garm et le long de la faille d'Avaj (Kuh-e-Qarehgune), tandis qu'on observe seulement les calcaires à Nummulites au Sud-Est de la zone de Razan.

1. Formation de Fajan

Le type de cette formation a été relevé en 1964 par J. Dellenbach dans l'Alborz, à l'Ouest du village de Fajan. Dans le territoire étudié ici, on l'observe dans les différentes localités de la zone d'Ab-e-Garm ; tandis qu'elle est moins épaisse ou disparaît dans la zone de Razan. Elle est représentée par une série continentale et détritique, qui repose sur une surface d'érosion recoupant différents étages allant du Crétacé supérieur à l'Infracambrien. Ces dépôts sont caractérisés par une puissance et une distribution extrêmement variables. En certains endroits son épaisseur atteint plus de 250 m (Kuh-e-Takin), tandis qu'il se réduit à 120 m au Nord-Ouest de Qaleh Abdollahkhan et à quelques mètres dans les autres localités où elle peut même disparaître. Du fait de leur nature, ces conglomérats de Fajan forment des corps lenticulaires dispersés. Il est douteux qu'à l'échelle régionale ces dépôts soient synchrones. Toutefois il est commode d'en faire une unité lithologique, ce qui permet de les cartographier plus facilement, bien que leur signification stratigraphique ne soit pas entièrement précisée.

1.1 La Formation de Fajan dans la zone d'Ab-e-Garm

Cette formation y a été observée à l'Est du village de Meyandarreh (Kuh-e-Takin) et au Nord-Ouest de Qaleh Abdollahkhan.

Dans la première localité, elle se manifeste avec sa plus grande puissance et repose sur les marnes et les calcaires du Crétacé supérieur. Elle est caractérisée par sa couleur rouge à rouge foncé et est composée par une série de conglomérats bien lités. Les galets de ces conglomérats, qui appartiennent au Mésozoïque et au Paléozoïque, sont bien arrondis. Leur dimension va de quelques cm à 80 cm. Ils sont cimentés par une matrice gréseuse. L'épaisseur de cette formation se réduit à environ 15 m et même parfois moins sur le versant nord de Kuh-e-Qaryatan.

Au Nord-Ouest de Qaleh Abdollahkhan elle contraste par sa morphologie avec les formations encadrantes, car elle constitue une barre qui se détache nettement des formations marneuses sous-jacentes (Crétacé supérieur) ainsi que des calcaires et tufs éocènes voisins (fig.28). Elle est représentée à sa base par des conglomérats gris à rouges en gros bancs de 0,50 m à 2 m. Leurs galets sont hétérogènes et appartiennent à des formations plus anciennes, essentiellement des calcaires du Crétacé inférieur. Ils sont subangulaires et moins arrondis. Leur taille varie de quelques centimètres à 1,5 m. Ils constituent 80 % des conglomérats. Ces galets sont pris dans une matrice gréseuse ou carbonatée. Vers le haut, les conglomérats deviennent gris avec des galets plus uniformes que dans les couches précédentes, et d'une taille de 35 cm à 60 cm. Au sommet, vient enfin une série de conglomérats gris clair d'une puissance de 20 m, bien stratifiés. Leurs éléments sont bien arrondis et varient de 1 cm à 8 cm (voir horizon 1 - 4 fig.30).

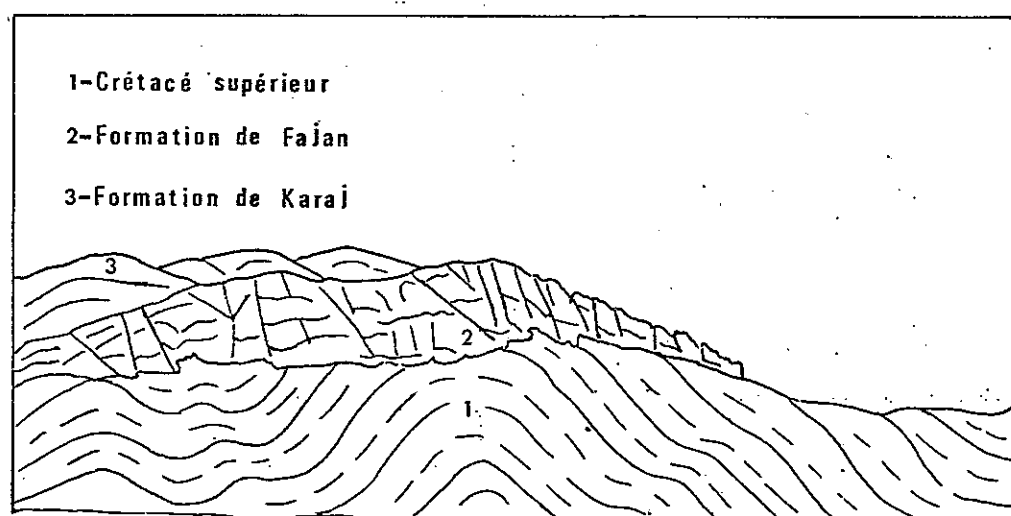


Fig.28 - Discordance entre l'Eocène et le Crétacé supérieur au Nord-Ouest de Qaleh Abdollahkhan

A 4,5 km au Nord du village d'Oqur, les conglomérats sont remplacés par une série de grès, de couleur rouge à grise, à grain grossier, parfois non consolidés. On y voit seulement quelques intercalations de grès conglomératiques qui comportent des organismes.

Dans les autres localités cette formation est réduite à quelques mètres ou bien est remplacée par des calcaires à Nummulites ; sauf au Sud du village de Meylaq, où la partie la plus inférieure de l'Eocène n'affleure pas. Dans cette dernière localité il semble que la formation de Fajan est remplacée par des marnes gypsifères, des calcaires à Nummulites et des tufs verts, fortement plissés et faillés.

1.2 La Formation de Fajan dans la zone de Razan

Cette formation y affleure seulement sur le versant méridional de Kuh-e-Qaraqash (voir carte géol.) avec une puissance de 120 m, variable latéralement. Elle est groupée sur la carte géologique avec la formation nummulitique. Elle repose en discordance angulaire sur les schistes métamorphisés du Trias supérieur - Jurassique, et se compose d'une alternance de conglomérats et de grès rouges à rouge foncé.

1.3 Age et distribution de la Formation de Fajan

Comme nous l'avons déjà dit cette formation ne comporte jamais de fossiles, qui peuvent indiquer son âge. Mais le premier horizon fossilifère de la série nummulitique de notre territoire (voir plus loin) montre un âge Yprésien inférieur dans les deux zones de Razan et d'Ab-e-Garm. Donc on peut admettre un âge Paléocène ou Eocène le plus inférieur pour la formation de Fajan.

Cette formation, de nature essentiellement conglomératique et gréseuse, est bien observée, localement dans la chaîne de l'Alborz et à l'Ouest de l'Azerbeïdjan, avec une puissance maximale de 1 500 m et des faciès assez variables. En certains endroits elle est remplacée par la formation nummulitique.

2. Formation de Ziarat

Les assises nummulitiques de notre domaine peuvent être considérées comme les équivalents de la "Formation de Ziarat", dont le type a été pris par J. Dellenbach (1964) à l'Est de Téhéran près du village de Ziarat.

Cette formation est bien, mais irrégulièrement développée dans le territoire étudié (dans les zones d'Ab-e-Garm et de Razan). Elle repose en discordance angulaire sur le Crétacé supérieur et les formations plus anciennes (fig.29), tandis qu'elle est en continuité avec la formation de Fajan. Vers le haut, elle passe aussi progressivement à une série de tufs verts et de volcanites (Formation de Karaj). Elle se compose essentiellement de calcaires biogéniques, de couleur gris clair à gris, parfois à glauconie et bien lités, avec des intercalations de grès. Son épaisseur est assez variable et va de 0 m à un maximum de 425 m.

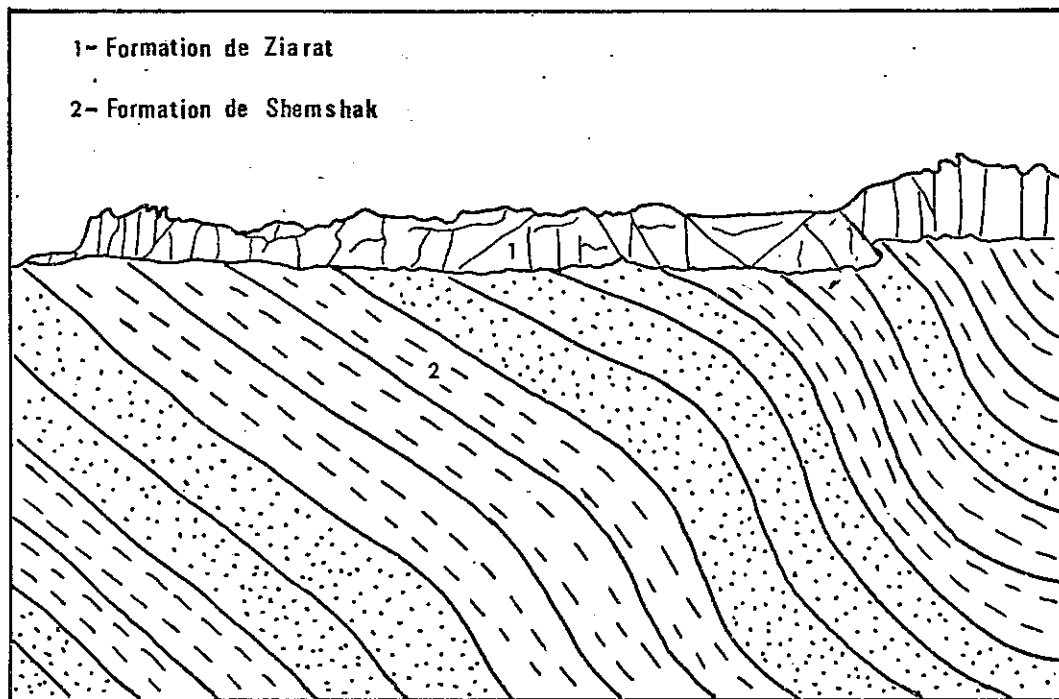


Fig.29 - Discordance entre la formation de Ziarat et le Lias au Sud-Ouest du village de Şakiz Nab

2.1 La Formation de Ziarat dans la zone d'Ab-e-Garm

Cette formation affleure bien dans la chaîne d'Ab-e-Garm et celle d'Avaj septentrionale, où nous allons la décrire successivement.

- Dans la chaîne d'Ab-e-Garm, on l'observe dans les localités suivantes :

1. Au Nord-Ouest de Qaleh Abdollahkhan : ici, cette formation est représentée à sa base par une couche de calcaires conglomératiques gris avec une puissance d'un mètre. Un échantillon de cette couche contient (72.b.106.a) :

Nummulites aff. deserti De la Harpe
Miscellanea sp.
Alveolina sp.
Cibicides sp.
Textularia sp.
Miliolides
 Algues

D'après A. Blondeau et Mme F. Lessani, cet assemblage confirme l'appartenance de ce niveau à l'Yprésien inférieur.

Elle est suivie par des calcaires gris, bien lités, à Nummulites, épais

d'environ 13 m (horizon 1 de fig.30). Un échantillon (72.B.106.b) récolté à sa base contient les microfaunes suivantes, indiquant le même âge que l'échantillon précédent :

Nummulites gr. deserti
Discocyclus sp.
Miscellanea sp.
Assilina sp.
Textularia sp.
Globigerinidés
Miliolidés

L'autre échantillon (72.B.106.c) récolté au sommet, comporte l'association suivante :

Nummulites non déterminable
Assilina gr. leymeriei
Discocyclus sp.
Aclinocyclus sp.
Asterocyclus sp.
Ditrupa
Bryozoaires

D'après A. Blondeau cette faune est caractéristique de l'Yprésien inférieur tardif.

Les horizons 6 - 8 (voir fig.30) se composent de calcaires marneux et contiennent quelques couches de tufs verts et parfois de grès à grain grossier. Au sommet, on y voit une bande de calcaire à Nummulites. Un échantillon venant de la dernière couche de l'horizon 6 (72.B.107.a), contient la faune suivante (det. A. Blondeau) :

Nummulites gr. Partschii
Assilina sp.
Discocyclus sp.
Miscellanea sp.
Ditrupa
Algues

de l'Yprésien supérieur.

Un échantillon venant du sommet de l'horizon 8, ne comporte que la faune pélagique (Radiolaria sp.) qui n'est pas caractéristique.

L'épaisseur de cette formation est d'environ 170 m.

2. A 4 km au Nord du village d'Oqur : ici, la série de l'Eocène débute par des grès à grain grossier, mal consolidés, de couleur rouge à grise à leur base (voir horizon 1, fig.30), suivis par des couches conglomératiques avec quelques intercalations de grès (horizon 2) qui contiennent la microfaune suivante (échantillon 72.B.100.b) :

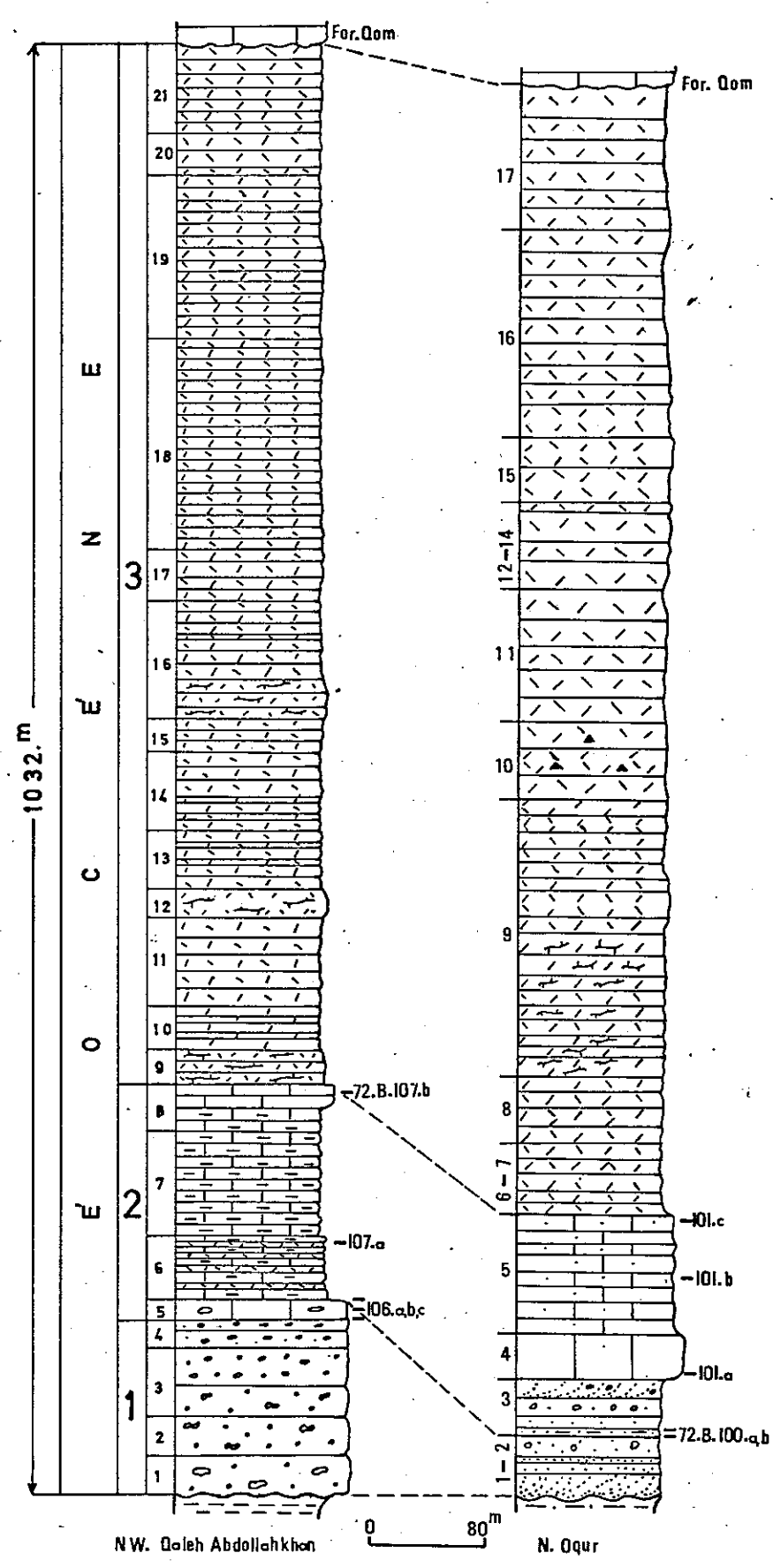
Nummulites gr. deserti
Nummulites gr. praecursor
Miscellanea sp.
Miliolidés
Bryozoaires

de l'Yprésien inférieur.

tel-00564667, version 1 - 9 Feb 2011

Fig.30 --Corrélation entre les formations de l'Éocène dans la chaîne d'Ab-e-Garm

1-Formation de Faïon 2-Formation de Ziarot 3-Formation de Karaj



Vers le haut, on y voit encore des couches conglomératiques qui ne comportent aucun organisme (horizon 3). La coupe continue par des calcaires gris, d'épaisseur métrique, parfois noduleux, à Nummulites et à Alvéolines (plus rares) (horizon 4). On y observe les microfossiles ci-dessous indiquant un âge Yprésien inférieur (échantillon 72.B.101.a) :

Nummulites gr. deserti

Alvéolina sp.

Miscellanea sp.

Assilina sp.

Le sommet de cette formation (horizon 5) est représenté par des calcaires gréseux, de couleur gris clair, bien lités, à Nummulites. On y voit aussi des grains de glauconie. Nous y avons récolté deux échantillons, qui contiennent les associations suivantes (échantillon 72.B.101.b) :

Nummulites lucasi Douvillé

Nummulites partsi

Discocyclina sp.

Echantillon 72.B.101.c, qui comporte la même faune avec :

Assilina aff. placentula, peut être Assilina dandotica Davies

Miscellanea sp.

Assilina sp.

Actinocyclina sp.

D'après A. Blondeau ces formes indiquent un âge Yprésien supérieur.

- Dans la chaîne d'Avaj septentrionale, on ne l'observe qu'à 4 km au Sud du village de Mendak, où la formation de Ziarat repose sur les calcaires du Crétacé inférieur. Les microfossiles de cette localité qui paraissent les mêmes que ceux des localités précédentes, indiquent un âge Yprésien.

2.2 La Formation de Ziarat dans la zone de Razan

On observe cette formation dans la chaîne d'Avaj méridionale et le Kuh-e-Dagerman (Sud-Est de notre domaine) :

- dans la première chaîne, elle affleure en plusieurs points :

2.2.1 Au Sud du village d'Avaj,

Cette formation repose directement sur les schistes métamorphisés du Trias supérieur - Jurassique (fig.31). Elle continue vers l'Ouest avec une épaisseur d'environ 100 m. Elle est représentée par une couche de brèches rouges d'environ 60 cm. On n'y observe que des éléments de schistes métamorphiques, qui sont toujours angulaires et cimentés par une matrice gréseuse. La couche de brèches passe aux calcaires détritiques à Nummulites, de couleur gris à blanc laiteux et qui deviennent gréseux à leur sommet. L'épaisseur de cette formation ne dépasse pas quelques mètres sur le versant méridional de Kuh-e-Gurgaleh, où elle est surmontée progressivement par les tufs verts de la formation sus-jacente. Un échantillon que nous y avons récolté contient la microfaune suivante, de l'Yprésien supérieur basal (72.B.51.a) :

Nummulites praelucas

Discocyclina sp.,

Ditrupe

Bryozoaires

Algues (Lithotamnium)

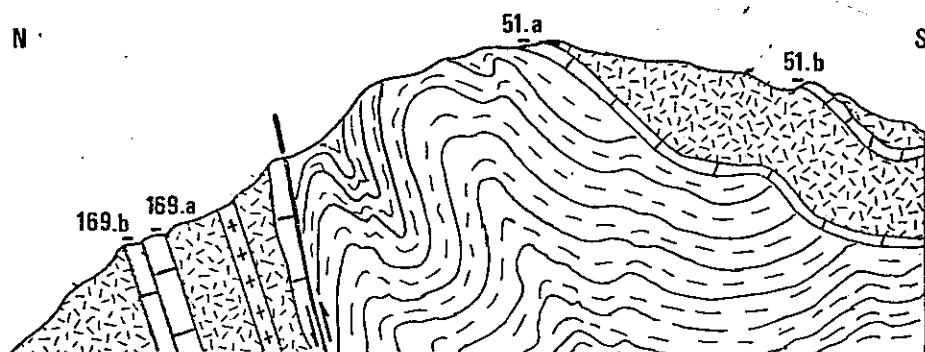


fig.31 : Discordance entre l'Eocène et le Trias supérieur - Jurassique dans la Montagne de Gurgaleh

2.2.2 Dans le Kuh-e-Gowzal

Jusqu'à Kuh-e-Agh Darband, la formation de Ziarat affleure sur près de 35 km, où nous l'avons groupée avec la Formation de Fajan. Elle se compose essentiellement de calcaires à Nummulites, comme ailleurs, mais elle est moins épaisse. Les microfossiles de cette localité (échantillon 72.B.34) confirment l'appartenance de cette formation à l'Yprésien :

Nummulites burdigalensis ou gallensis

Nummulites globulus

- Dans le Kuh-e-Dagerman, la formation de Ziarat atteint son épaisseur maximum (environ 425 m) et repose directement sur la série schisteuse du Trias supérieur - Jurassique. Lithologiquement, elle est plus ou moins différente des autres localités, et n'est pas suivie par la série de tufs verts (fig.32). Elle est surmontée par les assises de l'Oligocène continental (Formation rouge inférieure). On peut la diviser en trois parties :

La partie inférieure, avec une puissance de 95 m est représentée par une couche de calcaires bioclastiques à Nummulites à sa base (80 cm à 2 m). La microfaune, assez riche, indique un âge Yprésien inférieur (échantillon 72.B.2.a, det.A Blondeau) :

Nummulites aff. deserti

Nummulites praecursor

Distichoplax biserialis

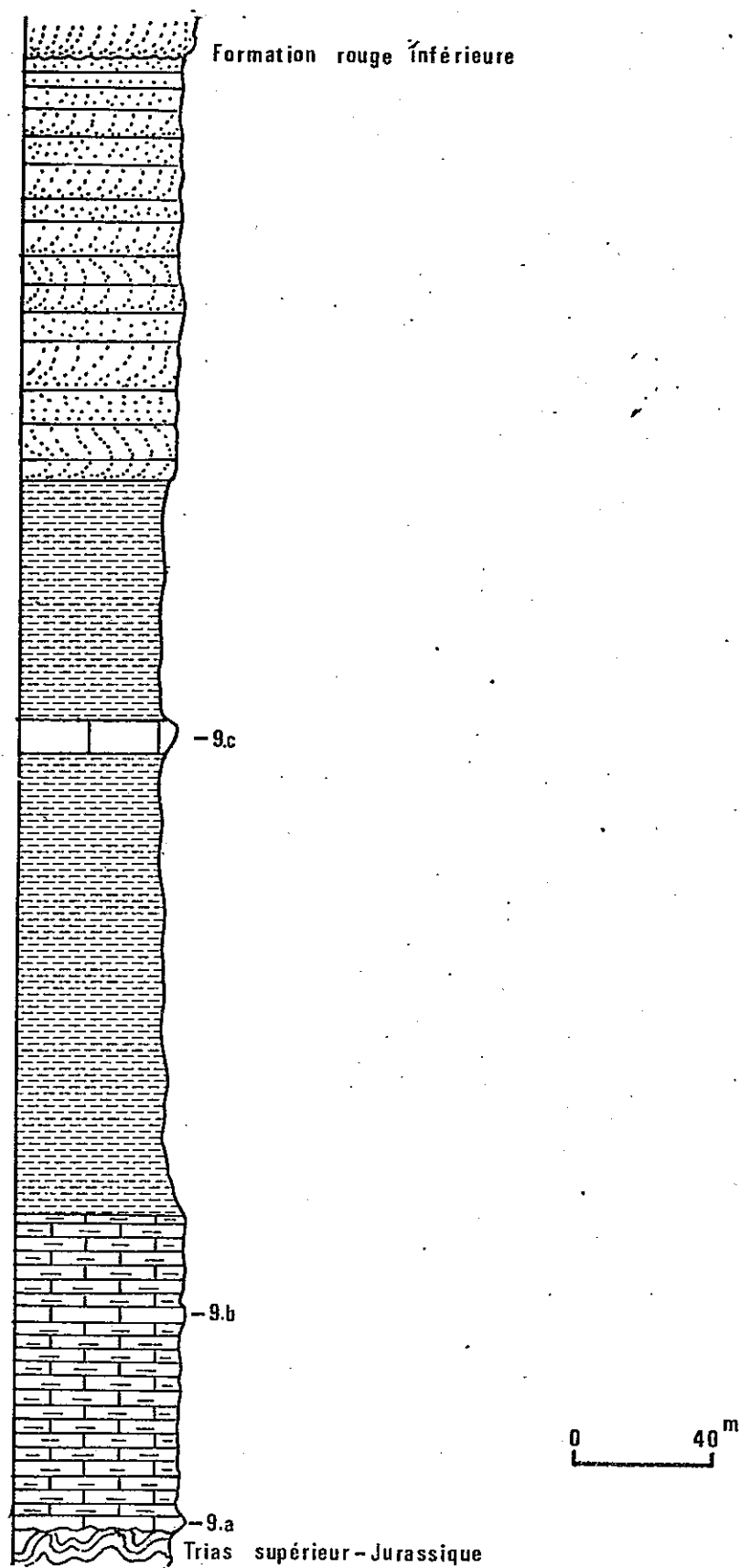


Fig. 32 - Coupe de la Formation de Ziarat dans le Kuh-e-Dagerman

Discocyclina sp.
Asterocyclina sp.
Miliolidés
Ditrupe
Bryozoaires

Cette couche est suivie par une série uniforme (95 m environ) de calcaires marneux, de couleur grise à verdâtre avec une seule intercalation de calcaire nummulitique d'environ 5 m, qui a fourni une microfaune du Lutétien inférieur (échantillon 72.B.9.b, det. A. Blondeau) :

Nummulites uroniensis (Heim)
Nummulites discorbinus minor (Schlothiem)
Ditrupe
Bryozoaires

La partie moyenne, se compose d'une série de marnes verdâtres, épaisses de 210 m, parfois calcaires, finement litées et diaclasées avec un débit en esquilles allongées. On y voit une intercalation de calcaires gréseux à Nummulites. Un échantillon de ces calcaires contient la faune ci-dessous indiquant le Lutétien supérieur (72.B.9.c, det. A. Blondeau) :

Nummulites brongniarti d'Archiac et Haime
Nummulites puschi d'Archiac et Haime
Operculina sp.
Bryozoaires

La partie supérieure, est représentée par une série continentale de grès rouge à grain fin à grossier, avec quelques intercalations de conglomérats. Ces couches ne comportent aucun organisme et leur épaisseur est d'environ 120 m.

Age et distribution de la Formation de Ziarat

Comme nous l'avons déjà indiqué dans sa description détaillée, cette formation est hétérochrone dans la région étudiée. Si elle débute toujours à l'Yprésien inférieur, par contre elle se termine à l'Yprésien supérieur dans la zone d'Ab-e-Garm tandis que la sédimentation continue jusqu'au Lutétien supérieur au Sud-Est de la zone de Razan.

Cette formation nummulitique, de nature calcaire et marneuse, de type peu profond existe aussi sur le versant sud de la chaîne de l'Alborz et à l'Azerbeïdjan. Ses caractères lithologiques, son âge et son épaisseur varient d'une localité à l'autre.

3. Formation de Karaj

Cette formation a été décrite pour la première fois sous le nom de "Grüne série" en 1877 par E. Tietze. Elle a été ensuite dénommée de façon fort variable :

"Couches vertes"	(Rivière 1934, Schroder 1945 et Dellenbach 1964)
"Oligocène Green-Beds"	(Bailey Jones et Asfia 1948)
"Volcanic green beds"	(Gansser et Huber 1962)
"Volcanic Eocene"	(Carte Géol. de l'Iran N.I.O.C. 1959)
"Green Series"	" " " " "

Les définitions de tous ces auteurs ne sont pas suffisantes car ils ne décrivent qu'une partie de la formation. Pour cette raison E. Dedual (1967) en a donné une définition plus complète sous le nom de "Formation de Karaj", dont le type a été pris au Nord de la ville de Karaj. Il y distingue cinq termes, qui sont de bas en haut :

- Lower Shale Member
- Middle Tuff Member
- Astara Shales
- Upper Tuff Member
- Kandvan Shales

Dans le domaine étudié cette formation repose en concordance sur la formation de Ziarat (qui en certains endroits ne dépasse pas quelques mètres) ou sur des formations plus anciennes en discordance. Elle se compose de tufs verdâtres et de roches volcaniques, qui sont bien développés et dont l'épaisseur dépasse 2 500 m dans la zone d'Ab-e-Garm ainsi qu'au Nord de la zone de Razan. Cette formation est caractérisée par sa couleur particulière, verte, et elle correspond à la "Formation de Karaj" de Dedual (1967). Elle est extrêmement monotone, mais peut être divisée en deux ensembles successifs : les tufs verts et les roches volcaniques.

3.1 L'ensemble des tufs verts

Ces assises sont bien développées dans la zone d'Ab-e-Garm et seulement au Nord de la zone de Razan. Elles se composent essentiellement d'une série uniforme de tufs à grain grossier, bien stratifiés, de couleur verte à gris clair à patine brun clair. Ils sont de nature variée, andésitique, dacitique, rhyolitique et en certains endroits gréseuse, calcaire et siliceuse. On y observe quelques intercalations d'ignimbrites et parfois de calcaires organodétritiques à Nummulites en bandes ou en lentilles. A certains endroits ces roches pyroclastiques sont associées à des roches volcaniques, desquelles elles ne peuvent être séparées.

- Dans la zone d'Ab-e-Garm, les tufs constituent la majeure partie des affleurements de la chaîne d'Ab-e-Garm. Ces assises y reposent sur la formation de Ziarat ou sur les formations plus anciennes et sont surmontées par l'ensemble volcanique ou par les terrains de l'Oligo-Miocène. Une description détaillée est fournie par la coupe située au Nord du village d'Oqur (voir fig.30) :

Base : Calcaires gréseux à Nummulites de la "Formation de Ziarat" (horizon 5)

- 6 - Tufs calcaires verts.
- 7 - Tufs verts à gris, mais à patine brune, parfois calcaires et finement lités avec quelques intercalations de grès d'épaisseur métrique.
- 8 - Tufs verts, siliceux à leur partie supérieure.
- 9 - Tufs verts, parfois calcaires et gréseux.
- 10 - Alternance de tufs verts à gris, parfois bréchiques, et de tufs siliceux.
- 11 - Tufs verts à grain graduellement plus grossier.
- 12 - Tufs rhyolitiques verdâtres à gris clair.
- 13 - Tufs verts à grain moyen à grossier.
- 14-16 - Tufs verts, mais parfois à patine brune.
- 17 - Tufs verts à verdâtres, uniformes.

Sommet : Calcaires de l'Oligo-Miocène (Formation de Qom)

On observe la même coupe au Nord-Ouest de Qaleh-Abdollahkhan, où les tufs

sont assez plissés et faillés. Dans ces deux coupes il n'y a aucune intercalation de calcaire nummulitique. Mais à 800 m au Nord du village de Saj on voit une lentille de calcaires gréseux et glauconieux à Nummulites avec une puissance de quelques mètres.

Un échantillon provenant de cette lentille, contient (71.B.71) : Nummulites granuleuses du Cuisien ou du Lutétien inférieur et :

Discocyclina sp.
Actinocyclina sp.
Miscellanea sp.
Bryozoaires
Algues

L'autre spécimen (71.B.27) récolté à 3 km au Nord-Est du village de Shakar Cheshmeh contient :

Nummulites gr. partschi - granifer
Assilina gr. spira (Proches de A. dandotica)

D'après A. Blondeau cet ensemble montre un âge Cuisien (Eocène inférieur, partie supérieure). Les tufs affleurent aussi à l'Est du village d'Avaj (Aq Dag), où ils offrent les mêmes caractères que ceux de la chaîne d'Ab-e-Garm. La formation repose en concordance sur celle de Ziarat et en discordance sur les terrains crétacés. Elle est surmontée par l'ensemble volcanique, ou la formation de Qom (Oligo-Miocène).

Cette formation est assez épaisse dans la zone d'Ab-e-Garm (environ 1000 m).

- Dans la zone de Razan, l'ensemble des tufs verts se manifeste au Sud, et à l'Ouest du village d'Avaj (sur le versant sud de Kuh-e-Gurgaleh et Kuh-e-Ozun Bolagh), ainsi que dans le Kuh-e-Gowzal Darreh jusqu'au Kuh-e-Aqh Darband. Les caractères lithologiques de cette formation ne varient pas, mais son épaisseur est bien plus faible que dans la zone précédente. On y observe quelques intercalations de calcaires détritiques et parfois gréseux, à Nummulites. Trois échantillons ont été récoltés dans le Kuh-e-Gurgaleh (voir fig.30), et déterminés par A. Blondeau.

Echantillon 72.B.51.b, qui vient du versant sud de cette montagne contient les microfaunes suivantes, indiquant un âge Lutétien inférieur :

Nummulites laevigatus
Assilina sp.
Discocyclina sp.
Ditrupe

Les deux autres échantillons viennent du versant septentrional de la même montagne, où l'on voit soit environ 20 m de calcaires nummulitiques soit un conglomérat, dont les éléments sont des Nummulites, cimentées dans une matrice calcaire argileuse. Ils comportent les faunes ci-dessous :

Echantillon 71.B.169.a (sommet du Lutétien) :

Nummulites perforatus (de Montfort) A et B
Amphistegina sp.

Echantillon 71.B.169.b (extrême sommet du Lutétien) :

Nummulites millecaput (Boubée)

Linderina cf. brugesi
Grzybowski sp. (ou les premières Spiroclypeus involutes)

L'autre échantillon qui vient de Kuh-e-Gowzal Darreh contient une microfaune du Priabonien supérieur :

Nummulites bouillei
Nummulites cf. incrassatus

3.2 L'ensemble des roches volcaniques

L'activité volcanique de l'Eocène débute vraisemblablement au Lutétien inférieur et se continue jusqu'au Priabonien, peut-être à l'Oligocène inférieur dans notre domaine. Les roches volcaniques, qui s'associent toujours avec les tufs et montrent des intercalations de petites lentilles de calcaires à Nummulites, recouvrent généralement l'ensemble précédent. On y voit une prédominance de laves de différente composition, avec des ignimbrites, des conglomérats volcaniques, des roches filoniennes et intrusives. Cet ensemble peut-être subdivisé en cinq sous-ensembles qui seront analysés dans les diverses localités des zones d'Ab-e-Garm et de Razan.

3.2.1 Laves

Ces roches se trouvent surtout le long de la partie est de la faille d'Avaj où elles constituent les plus hautes montagnes de notre territoire (Kuh-e-Qarehgune 2 795 m, Kuh-e-Qaraqash et etc ...). Dans la zone d'Ab-e-Garm, elles apparaissent aussi en petits affleurements disséminés au Kuh-e-Qarah Qorqan, aux environs du village d'Hosseiniabad, au Nord de Nayjuk, au Nord de Sinak et au Sud du village de Parvan.

Au Kuh-e-Qaraqash, les types andésitiques et dacitiques prédominent, associés à des basaltes et à une petite quantité de roches acides. Par endroit ces volcanites sont accompagnées par des ignimbrites et divers types de tufs et de roches filoniennes, qui ne peuvent être cartographiées.

Dans la partie Sud-Ouest du village d'Ahmmedabad, une grande lentille de barytine avec des traces de malachite, est interstratifiée dans les roches volcaniques. Quelques autres lentilles de barytine disséminées existent aussi dans les différentes localités avec des longueurs de l'ordre du mètre. De rares traces de cuivre secondaire peuvent être aussi observées par endroit dans les volcanites.

Les caractères macroscopiques de ces roches sont les suivants :

Andésites : Roches brunes à brun sombre, gris vert à vert sombre. Leur texture est généralement porphyrique, vésiculaire et en partie aphanitique. Des phénocristaux de plagioclase, amphibole et pyroxène sont visibles à l'œil nu. Les amygdales sont surtout remplies de calcite et de silice. Par endroits ces roches sont fortement kaolinisées.

Les andésites constituent avec les dacites, les principales roches volcaniques de la région. Au Sud-Ouest du village d'Avaj, des trachyandésites bruns à texture fluidale ont été observés, accompagnés par des ignimbrites.

Au Nord du village de Nayjuk, des andésites sont parfois accompagnées de tephrites.

Dacites : Ces roches sont de couleur grise à verte, à texture porphyritique avec des

phénocristaux d'amphibole. On trouve aussi des rhyodacites et des andésites dacitiques.

Basaltes : Couleur verte presque noire. Textures aphanitique et vésiculaire. On peut y distinguer deux types principaux : les basaltes et les andésites basaltiques. Les vésicules sont essentiellement remplies de calcite et de silice. La quantité de roches basaltiques est moins grande que celle d'andésite et de dacite.

Roches acides : De petites quantités de roches acides à silice et de roches rhyolitiques, de couleur gris clair à verdâtre, accompagnent les dacites précédentes dans les différentes localités.

3.2.2. Ignimbrites

Ces roches sont bien développées à l'Ouest du village de Yam Cheshmeh, où elles constituent une montagne assez haute (Kuh-e-Amir). Elles affleurent aussi au Nord et au Sud-Est du village de Sadeq abad, où elles sont associées à des rhyodacites ; dans la partie ouest du village de Qermez abad et de la montagne d'Aq Dagh (Est d'Avaj) dans la zone d'Ab-e-Garm.

Dans la zone de Razan, des ignimbrites existent au Kuh-e-Qaraqash et sur le versant sud de Kuh-e-Ozun Bolagh.

Elles se composent de roches brunes à brun sombre, vertes à grises, légèrement litées ou massives. Elles sont fortement laminées et ces configurations ressemblent à des textures d'écoulement. Des vésicules ainsi que des phénocristaux de plagioclase sont visibles. Ces ignimbrites n'ont pas été portées sur la carte géologique, car elles sont toujours associées à d'autres types de volcanites et de tufs.

3.2.3 La zone altérée

Au Sud du village d'Ahhmadabad et au Kuh-e-Gowjeh voqquz, les volcanites et essentiellement les andésites, sont fortement altérées et transformées en roches de couleur blanche, à Kaolinite. A 5 km au Nord du village de Gavyek, cette zone est minéralisée avec de la pyrite, de la chalcopryrite et de la jarosite.

3.2.4 Roches filoniennes

Ce sont des microdiorites et des diabases de couleur gris clair à verte. Sur le terrain elles peuvent être confondues avec les volcanites de type dacitique et ne sont pas cartographiables. Ces roches affleurent, principalement sur le versant nord de Kuh-e-Qaraqash entre les villages d'Ahhmadabad et de Gavyek.

3.2.5 Conglomérats volcaniques

Reposant sur les volcanites décrites ci-dessus, on observe une séquence de conglomérats volcaniques épaisse de 300 m environ, interstratifiée dans des couches de conglomérats rouges sédimentaires, uniquement à 2,5 km au Nord du village de Nayjuk (Kuh-e-Khoshnam). On y voit aussi quelques intercalations de grès à grain grossier et de calcaires gréseux rouges sans fossiles.

Les éléments des conglomérats volcaniques sont toujours angulaires ou émous-

sés, de composition andésitique ou basaltique, cimentés par une matrice de même composition que ces laves.

Les galets des conglomérats sédimentaires sont constitués par des fragments de roches volcaniques, de tufs verts, plus rarement de calcaires à Nummulites. Ces éléments qui ne sont pas très arrondis, ont des tailles allant de quelques cm à 20 cm, et sont cimentés par une matrice carbonatée, gréseuse par endroits.

Au Nord et à l'Ouest du village de Sinak, l'ensemble volcanique repose en continuité sur celui des tufs, et à certains endroits, il apparaît interstratifié dans les tufs. Il est fait d'andésites brunes et vertes, partiellement altérées, ainsi que de basaltes et de porphyrites. Par endroit, on observe des andésites porphyriques dans lesquelles des phénocristaux de plagioclases et de pyroxènes sont assez grands (de quelques mm à 2 cm).

A 5 km au Sud du village de Khorus Darreh (Kuh-e-Qarehquney), les volcanites contiennent une lentille de calcaires à Nummulites. Un échantillon que nous y avons récolté montre que presque toutes les structures organiques ont disparu à cause de la recristallisation très forte. Pourtant, Nummulites brongniarti a été identifiée par A. Blondeau, indiquant un âge Lutétien supérieur.

Dans les autres localités (Kuh-e-Qarah Qurgan, Est et Ouest du village d'Hosseïn abad et Sud de celui de Parvan), les volcanites sont accompagnées de tufs dévitrifiés de composition rhyolitique et de tufs à cristaux.

3.2.6 Etude microscopique des volcanites

Les résultats des études microscopiques sur les roches volcaniques et volcanodétritiques sont résumés comme suit :

3.2.6.1 Tufs

Tufs vitreux : Structure vitroclastique, composée d'échardes de verres (quelques uns sont dévitrifiés), de cristaux de quartz en grains de petite taille, de matériaux carbonatés et d'une poussière de verre dévitrifié.

Tufs à cristaux et lithique : Les fragments de cristaux sont des plagioclases et du quartz. Mais les fragments lithiques sont constitués de roches volcaniques intermédiaires. La chlorite, la calcite, la séricite et les oxydes de fer, constituent les minéraux secondaires ; l'amphibole et les minéraux opaques en grains, sont les minéraux accessoires.

Tufs rhyolitiques : Ils sont formés de fragments de roches volcaniques acides et andésitiques ainsi que de cristaux cassés de quartz et de plagioclases sodiques (oligoclase et albite) dans une matrice quartzofeldspathique. La matrice est dévitrifiée par endroits. Les minéraux secondaires sont la chlorite et une quantité mineure d'épidote.

Tufs acides vitreux, partiellement dévitrifiés et silicifiés : ces tufs sont de structure fluidale, et composés de fragments de roches andésitiques à taches quartzofeldspathiques (feldspaths alcalins), de fragments de cristaux de plagioclases et de quartz dans une matrice volcanique acide. Les minéraux secondaires sont la séricite et la chlorite ; l'apatite et les oxydes de fer sont accessoires.

Tufs acides sériciteux et silicifiés : La silicification est intense et seuls sont visibles quelques phénocristaux de quartz et de plagioclases acides. La matrice con-

tient de petits grains de quartz secondaire et aussi de la séricite abondante.

Tufs dévitrifiés et cristallisés : La roche est essentiellement composée de quartz (surtout secondaire), de quantités mineures de plagioclases et de minéraux ferromagnésiens, complètement altérés en calcite. Des grains de minéraux opaques existent aussi.

Tufs vitreux dacitiques : La structure est vitreuse, clastique et composée d'abondantes échardes de verre, de quelques cristaux de biotite (environ 1/3 mm de long) ainsi que de quelques fragments de roches dacitiques dans une matrice quartzofeldspathique constituée de cristaux de très petite taille. Les minéraux secondaires sont des minéraux d'argile, des oxydes de fer et du quartz.

Tufs essentiellement dacitiques : Ils sont légèrement dévitrifiés. Des fragments de roches dacitiques (partiellement remplacées par des oxydes de fer) sont noyés dans une matrice de même composition (petits cristaux de quartz, feldspaths acides et quelques cristaux de biotite). Quelques minéraux opaques sont présents.

Tufs dacitiques, carbonatés et recristallisés : Essentiellement composés de très petits cristaux de quartz, peut être de feldspaths et de carbonates très abondants.

Les autres minéraux sont de l'apatite et des grains de minéraux opaques.

Tufs andésitiques et à cristaux : Les fragments de cristaux sont des plagioclases, du quartz, des clinopyroxènes et de la biotite. Les plagioclases montrent des macles polysynthétiques et de carlsbad. Quelques uns sont zonés. La matrice est composée de quartz, de feldspaths ainsi que de quantités mineures de chlorite secondaire et de sphène.

Tous les tufs mentionnés ci-dessus, rhyolitiques, dacitiques, et andésitiques sont par endroits bréchifiés et constitués de fragments de roches et de minéraux noyés dans une matrice variée acide et intermédiaire.

3.2.6.2 Ignimbrites

Ignimbrite dacitique : Elle est caractérisée par une structure vitroclastique et porphyrique. Des grands cristaux automorphes à subautomorphes, complètement remplacés par des minéraux argileux, associés à de la calcite avec quelques cristaux de quartz et de biotite. Ces cristaux sont noyés dans une matrice déformée et dévitrifiée, composée d'échardes et de poussière de verre.

Dans quelques échantillons, on peut observer des phénocristaux de quartz et de plagioclases dans une matrice d'échardes déformées et aplaties, et de poussière de verre. Ceci résulte de l'accumulation rapide de matériaux volcaniques sur une grande épaisseur. Les échardes de verre encore chaudes ont été comprimées et aplaties sous le poids des matériaux surincombants.

Ignimbrites : Dans de nombreux échantillons la structure est vitroclastique, fluidale et vésiculée. Les phénocristaux porphyriques de quartz, plagioclase ainsi qu'un peu de biotite apparaissent dans une matrice de poussière et d'échardes de verre. Ces échardes sont déformées, aplaties et dévitrifiées.

Dans plusieurs spécimens, les phénocristaux sont complètement altérés et remplacés par des minéraux argileux et de la chlorite. Certains, remplacés par des oxydes de fer, sont d'anciens minéraux ferromagnésiens. Les autres sont d'anciens feldspaths.

3.2.6.3 Lave rhyolitique dévitrifiée

Cette lave est essentiellement composée d'abondantes taches quartzfeldspathiques (microlites de plagioclases dans des cristaux de quartz) et de feldspaths potassiques (microcline). Les seuls minéraux ferromagnésiens observables sont des phénocristaux de biotite. Il existe aussi le fantôme d'une éventuelle amphibole fortement altérée et remplacée par des oxydes de fer. La calcite apparaît en veine et remplace aussi les minéraux ferromagnésiens. Quelques phénocristaux de plagioclases acides et de quartz sont aussi présents dans la roche.

3.2.6.4 Roches de type dacitique

Rhyodacite : La structure est porphyrique et composée de grands cristaux de plagioclases (oligoclases, macles albite - carlsbad), de quartz ainsi que de biotite (remplaçant peut être des minéraux ferromagnésiens). Ces cristaux sont noyés dans une matrice quartzfeldspathique à grain fin.

Dacite : Sa structure est la même que celle de la rhyodacite. Elle comprend :

- de grands cristaux de plagioclases (jusqu'à 2 mm de long, montrant des macles polysynthétiques, quelquefois zonés et partiellement altérés en calcite et en minéraux argileux) et des quantités mineures de mica blanc et de chlorite.
- des cristaux de quartz
- d'abondants minéraux ferromagnésiens : amphibole (remplacé par de la chlorite, calcite et minéraux opaques), et biotite. Les minéraux secondaires sont le zircon et l'apatite.

Ces minéraux sont noyés dans une pâte felsitique composée de quartz et de feldspaths alcalins.

3.2.6.5 Roches de type andésitique

Andésite : Dans divers échantillons on peut observer des structures porphyriques, intersertales ou pilotaxiques. La roche est essentiellement composée de phénocristaux de plagioclases (à composition d'andésine et avec des macles albite - carlsbad, altérés partiellement en minéraux secondaires), de minéraux ferromagnésiens comme la hornblende complètement altérée. La biotite, la chlorite, et de petites quantités d'épidote, la calcite, les minéraux argileux sont secondaires. L'apatite et les minéraux opaques sont accessoires.

Andésite à hornblende : La structure est porphyrique et pilotaxique. Les phénocristaux sont des plagioclases (andésine), zonés et maclés (Polysynthétique et de carlsbad), et de hornblende partiellement altérée en biotite. La pâte est formée de microlites de plagioclases et de felsite intersertale. Les minéraux secondaires sont l'albite et des quantités mineures de chlorite. Les minéraux accessoires sont l'apatite et les oxydes de fer.

Andésite à pyroxène : plusieurs spécimens montrent une structure porphyrique et pilotaxique. La roche est principalement composée de grands cristaux de plagioclases (jusqu'à 15 mm) et d'augite (jusqu'à 6 mm), noyés dans une pâte microlitique. La composition du plagioclase varie de l'andésine au labrador et certaines variétés sont altérées. La pâte est constituée de microlites de plagioclases. Les cristaux d'augite sont partiellement ou complètement remplacés par de la calcite. La chlorite et la calcite sont secondaires. Les minéraux accessoires sont l'apatite et les grains opaques.

Tephrite : C'est une lave feldspathoïdique alcaline à structure porphyrique composée de grands cristaux de plagioclases, partiellement remplacés par de l'analcime ainsi que des pyroxènes remplacés par de la calcite. On ne trouve que des reliques de ce pyroxène, tandis qu'il existe d'abondants cristaux automorphes de feldspathoïdes. Leurs caractères optiques sont ceux de l'analcime mais leurs formes sont plutôt celles de la leucite. Ce sont peut être soit de l'analcime primaire, soit de la leucite secondaire. Les phénocristaux sont noyés dans une pâte de microlites de plagioclases, de minéraux opaques, d'analcime et de poussière de verre.

Andésite dacitique : La roche est de structure porphyrique et composée de phénocristaux de plagioclases (à composition d'andésine jusqu'à 3 mm de long, légèrement altérés en carbonates, avec des macles polysynthétiques, parfois zonés), et de quartz. Les minéraux ferromagnésiens sont complètement remplacés par de la calcite. Il est possible qu'il se soit agit d'hornblende. Les minéraux secondaires sont la calcite, la chlorite, et une quantité mineure de sphène et de biotite. Les minéraux accessoires sont l'apatite, le zircon et les minéraux opaques.

Trachy-andésite : Sa structure est porphyrique et fluidale. La roche est composée de phénocristaux de plagioclases acides (2 mm de long, albite légèrement perthitique, macles polysynthétiques), dans une matrice formée de plagioclases, de feldspath potassique et de quartz avec une structure fluidale. On y observe également de la biotite, des minéraux opaques et de petites quantités d'apatite.

Andésite basaltique : Les structures peuvent être porphyriques, pilotaxiques ou glomérporphyriques. Elle se compose de phénocristaux de plagioclases (de composition oligoclase - andésine, moins de 2 mm de long à macles polysynthétiques, zonés et partiellement altérés en séricite, chlorite et carbonates). Le minéral ferromagnésien est du clinopyroxène. La matrice est formée de microlites de plagioclases. Calcite, chlorite et séricite sont secondaires, et les minéraux accessoires sont l'apatite et des grains opaques.

3.2.6.6 Roches de type basaltique

Basalte andésitique : divers spécimens montrent au microscope des structures porphyriques, pilotaxiques ou intersertales. Les minéraux essentiels sont des phénocristaux de plagioclases (labrador), et de pyroxène (augite). La pâte est composée de microlithes de plagioclases et de verre secondaire. De la chlorite, des quantités mineures de biotite, de la calcite et de l'albite sont secondaires.

Basalte à Olivine : sa structure est porphyrique et vésiculaire. Le pourcentage des phénocristaux est très important et comprend des cristaux d'olivine (10 %) complètement remplacés par des oxydes de fer secondaires, de la chlorite et de la serpentine; ainsi que des plagioclases (50 % labrador à macles polysynthétiques) et des clinopyroxènes (30 % augite). Entre les phénocristaux, on observe une matrice de microlithes de plagioclase, d'augite granulée, d'oxydes de fer, de chlorite et une quantité importante d'analcime. Les minéraux accessoires sont l'apatite et les minéraux opaques.

Porphyrite : c'est une roche de structure porphyrique composée de lattes de plagioclases (andésine à macles d'albite et de carlsbad) et de pyroxène. Les autres minéraux sont la calcite et la chlorite. De l'épidote, du quartz secondaire, beaucoup de minéraux opaques sont également présents.

3.2.6.7 Roches filoniennes

Il s'agit de diabases et de microdiorites. Ces roches ne peuvent être distinguées des volcanites sur le terrain. Elles ont la même texture et la même couleur

que les dacites. La microdiorite est plus fine que le diabase.

Diabase : l'observation microscopique de divers échantillons montre des structures porphyriques ou ophitiques à intersertales. La roche est formée de phénocristaux de plagioclases (séricitisés, carbonatés et altérés en minéraux argileux), de clinopyroxène, amphibole et biotite. Les minéraux secondaires sont la calcite, la chlorite, l'épidote, le sphène, la séricite et les minéraux argileux. L'apatite et les minéraux opaques sont accessoires.

Microdiorite : il s'agit d'une roche montrant des phénocristaux de plagioclases (de composition labrador de 1,5 mm de long, avec macles polysynthétiques, zonés et partiellement séricitisés), et de minéraux ferromagnésiens (clinopyroxène et amphibole, fortement transformés en chlorite). La matrice est composée des mêmes minéraux primaires ou secondaires ainsi que de quartz interstitiel. La chlorite, la séricite, le sphène et les quantités mineures d'épidote sont secondaires. Les minéraux accessoires sont l'apatite et beaucoup de minéraux opaques.

3.3 Age et distribution de la Formation de Karaj

Dans la région de l'Alborz, différents géologues (Gansser 1962, Stöcklin 1959, Dedual 1967 et Alavi 1972) l'ont attribuée à l'Eocène - Oligocène.

En Iran Central, les auteurs ont attribué un âge Lutétien à l'essentiel de la série éocène de cette vaste région montrant des couches vertes et des roches volcaniques (coulées), tandis que l'Eocène supérieur est beaucoup plus réduit. J. Hadjian, dans le mémoire qu'il consacra en 1970 à la région de Tafresh (Nord-Ouest de l'Iran Central), a distingué de nombreux horizons caractérisés par des Nummulites dans les tufs verts et les volcanites de l'Eocène allant du Lutétien au Priabonien supérieur.

Dans la région d'Avaj, cette formation est surmontée par les assises de la formation rouge inférieure d'âge Oligocène et les documents paléontologiques que nous avons recueillis dans l'ensemble des tufs verts et même des roches volcaniques, ne montrent qu'un âge Cuisien à Priabonien. Mais il est possible cependant qu'il passe dans l'Oligocène inférieur.

Les tufs et volcanites de cette formation sont bien développés sur le versant méridional de la chaîne de l'Alborz et l'Azerbeïdjan. Elles se manifestent aussi largement en Iran Central, et un peu moins dans la zone de Sanandaj - Sirjan, quoiqu'elles soient bien développées à la frontière de ces dernières zones (voir fig.9).

3.4 Remarque sur la sédimentation de la Formation de Karaj

En 1962, A. Vatan et al ont observé une sédimentation cyclique dans les tufs de cette formation. Ils y ont décrit une diminution de la dimension des grains vers le haut de chaque cycle, qui se terminerait par une radiolarite. J. Dellenbach (1964) l'a comparé avec un flysch, à cause de sa grande épaisseur, de certaines figures de sédimentation (slumping et granoclassement), et de sa sédimentation "cyclique". Cependant, il remarque lui-même qu'il ne peut s'agir d'un sédiment profond, à cause de l'abondance des fossiles.

Les slumpings observés par Vatan et Dellenbach au Sud du barrage de Karaj ne seraient, selon E. Dedual (1967), que des boudinages ; cet auteur en aurait toutefois observés dans la région voisine, étudiée par Lorenz en 1964. Ce dernier a discuté la genèse des tufs : la répartition régulière du matériel clastique et son homogénéité, impliqueraient une origine à partir d'éruptions subaquatiques. Pour Dedual au

contraire, cette formation résulterait d'une sédimentation primaire, de faible profondeur, plus ou moins perturbée par des glissements (slumpings) et présentant une structure granoclassée. Les apports seraient constitués de matériaux terrigènes quartzeux et feldspathiques de même provenance. La probabilité de l'existence d'autres centres magmatiques au Sud est à envisager, ainsi que l'indiquerait l'augmentation des filons et des conglomérats volcaniques dans la basse vallée de Karaj. Il s'agirait dans ce cas d'un foyer subaquatique.

Dans la région d'Avaj, nous n'avons jamais observé de radiolarite (il s'agit toujours d'un tuf siliceux), ainsi que des cycles assez distincts. On y voit seulement une alternance de tufs grossiers, calcaires et siliceux. Nous n'avons jamais vu ni slumping ni granoclasement typiques. La formation de Karaj dans notre domaine n'a rien à voir avec un flysch. En ce qui concerne la genèse de cette formation, on peut imaginer la sédimentation de produits d'explosions volcaniques et de matériaux détritiques dans un bassin peu profond. Mais cette hypothèse demanderait à être vérifiée par une étude sédimentologique précise de ces dépôts.

4. Conclusion et aperçu paléogéographique

La nature conglomératique et gréseuse des sédiments représentant la partie inférieure de la série Paléocène - Eocène, de même que leur situation franchement discordante sur les formations plus anciennes de la série stratigraphique, indiquent l'importance de la phase orogénique qui a affectée la région d'Avaj à la fin du Crétacé et au début du Tertiaire.

Cette phase orogénique, dont les effets ont été distingués dans la majeure partie de l'Iran Central, sur le versant méridional de la chaîne de l'Alborz, dans l'Azerbeïdjan et, à l'Est dans la région de Kerman et le Lut, a déterminé la formation de reliefs importants dont l'érosion active a entraîné l'accumulation, sur des épaisseurs pouvant atteindre un maximum de 1 500 m, de conglomérats à éléments parfois grossiers et d'assises gréseuses.

Paléontologiquement, ces couches sont pauvres en fossiles, cependant la faune suffisamment caractéristique, récoltée dans la partie inférieure, détritique, de cette formation volcano-sédimentaire, permet de dater de l'Yprésien inférieur la transgression marine qui a succédé à l'orogénèse laramienne.

Les assises de tufs verts avec des roches volcaniques (coulées) qui succèdent aux dépôts grossièrement détritiques de l'Eocène inférieur, vont parfois jusqu'à l'Eocène terminal dans notre territoire. Cela indique que, durant le Lutétien et le Priabonien, la mer éocène fut une mer peu profonde. Les divers épanchements volcaniques témoignent d'une certaine instabilité des bordures et du fond de ce bassin. De plus, ce fond était soumis à une très forte subsidence puisque l'épaisseur des dépôts sédimentaires et volcaniques accumulés durant cette période est d'environ 2 500 m dans la région d'Avaj.

Dans la région de Djam (Est de la chaîne de l'Alborz) Alavi (1972) a distingué une série continentale et évaporitique, qui témoigne d'un rajeunissement des reliefs à la fin du Lutétien supérieur. Ces dépôts sont surmontés par une autre série continentale du Priabonien. De même, dans la région de Tafresh (Ouest de l'Iran Central) J. Hadjian en 1970 a décrit une série de marnes gypsifères de la fin du Priabonien supérieur. Tous ces faits indiquent la régression de la mer à la fin de l'Eocène.

Dans les zones d'Ab-e-Garm et de Razan, à l'intérieur du domaine étudié, on ne voit pas les assises continentales et évaporitiques de l'Eocène supérieur. Dans la première zone les tufs et volcanites sont directement couverts par l'Oligo-Miocène et dans la zone de Razan, ce contact est presque toujours faillé.

1. La Formation Rouge Inférieure

Le nom de "Formation Rouge Inférieure" ("Lower Red Formation") fut donné en 1955 par A. Gansser à une série de couches évaporitiques et détritiques indiquant un régime continental et lagunaire, et situées entre les assises marines de l'Eocène et l'Oligo-Miocène de l'Iran Central.

En gros, cette formation débute par des couches conglomératiques, des grès et des marnes argileuses à lentilles de gypse. Elle est bien repérable grâce à sa teinte rouge dans les secteurs nord et ouest de l'Iran Central. D'après A. Gansser, des mouvements orogéniques de la fin de l'Oligocène inférieur ont causé l'émersion de ces dépôts avant la transgression marine oligo-miocène.

La Formation rouge inférieure est bien développée en Iran Central, particulièrement dans la région de Qom avec une puissance de 300 m à 1 000 m. Elle repose en faible discordance angulaire sur les terrains de l'Eocène, mais son contact avec les couches marines de l'Oligo-Miocène est normal et se traduit simplement par un brusque changement de faciès. On l'observe jusqu'au flanc sud de la chaîne de l'Alborz (M. Glaus 1965 et J. Dellenbach 1964).

Dans la région d'Avaj comme ailleurs, la Formation rouge inférieure se manifeste sous un faciès continental, mais moins lagunaire. Elle est formée, de couches conglomératiques, de grès et de marnes rouges, parfois gypsifères. Elle repose en discordance angulaire sur les terrains de l'Eocène, où les assises du Crétacé inférieur, et elle est recouverte par les calcaires marins de la formation de Qom. Son épaisseur varie de 0 à 180 m. Cette formation est moins développée dans la zone d'Ab-e-Garm que dans celle de Razan.

1.1 La Formation rouge inférieure dans la zone d'Ab-e-Garm

Dans cette zone, elle affleure dans le Kuh-e-Qareh Qurqan (10 km au Nord-Est du village d'Ab-e-Garm) et le Kuh-e-Aran.

Dans la première localité, elle se compose de conglomérats rouges, plus ou moins consolidés. Leurs éléments varient de 2 cm à 30 cm. Ils sont arrondis et parfois subangulaires, cimentés par une matrice pélitique et gréseuse. Le pourcentage des galets par rapport au ciment varie de 20 à 80 %. Vers le haut, ces couches sont recouvertes par des grès, des marnes gypsifères et des conglomérats. L'épaisseur de la formation atteint 90 m. Ici, les calcaires du Burdigalien (partie supérieure de la formation de Qom) reposent directement sur la Formation rouge inférieure. Tandis que dans le Kuh-e-Aran cette formation, plus gréseuse, est recouverte par les terrains de l'Aquitainien (partie inférieure de la formation de Qom).

1.2 La Formation rouge inférieure dans la zone de Razan

La formation y affleure dans le Kuh-e-Dagerman, au Nord du village de Yengejeh (Est de la route d'Hamadan) et dans la montagne de Mehdi Daghi et Kuh-e-Qareh Lar (Ouest de la route d'Hamadan). Elle se compose essentiellement de conglomérats rouges, qui, à certains endroits, contiennent des intercalations de grès et de marnes. Son épaisseur maximale est d'environ 180 m, au Nord du village de Yengejeh, où elle est assez plissée et faillée. Elle comporte de nombreux galets de schistes métamorphisés du Trias supérieur - Jurassique, et, en moindre quantité, des galets nummuliti-

tiques. On n'y voit aucun organisme sauf quelques fragments de Pélécypodes indéterminables (Kuh-e-Dagerman).

Age de la Formation rouge inférieure

Comme nous l'avons déjà dit, cette formation ne comporte aucun fossile qui pourrait nous permettre de lui donner un âge. Donc, son âge ne peut être obtenu que par comparaison avec les deux formations marines qui l'encadrent. Comme nous le verrons dans la suite de l'exposé, les assises basales de la "Formation de Qom" sont attribuées à l'Aquitanién et, localement, au Burdigalien. Signalons de plus que la Formation de Qom est séparée de la Formation rouge inférieure dans la région d'Avaj par une phase épirogénique bien visible sur le terrain. Cette Formation rouge inférieure est donc antérieure à l'Oligo-Miocène (Aquitanién ou Burdigalien). Par ailleurs, elle repose sur les couches sédimentaires et volcaniques de l'Eocène supérieur ; il est donc possible de dire qu'elle date de l'Oligocène.

Conclusion

Il ressort de ce qui précède qu'après un mouvement tectonique éocène, ou fin-éocène, un bassin continental très vaste s'est formé dans l'Iran Central, ainsi que dans la région d'Avaj rempli de dépôts continentaux et parfois évaporitiques. La grande épaisseur de la série indique une subsidence assez forte en Iran Central, particulièrement dans la région de Qom ; tandis que dans la région d'Avaj, la série n'est pas bien épaisse ; ceci témoigne en faveur d'un bassin plus stable.

1. La Formation de Qom

Un arrêt de sédimentation marque la fin du régime continental dont témoignait la Formation rouge inférieure. Ensuite une mer peu profonde s'avance sur une très vaste superficie en Iran Central. Ses dépôts sont désignés sous le nom de "Formation de Qom" par les géologues de la Société Nationale Iranienne des Pétroles. Ce terme a été ensuite employé pour l'ensemble des sédiments marins de cet âge dans tout le pays, sauf pour la chaîne du Zagros, où elle est connue sous le nom de "Formation d'Asmari".

Le caractère typique de cette série est l'alternance de calcaires et de marnes gris clair à blanc laiteux, livrant des fossiles marins de milieu peu profond. Quand les bancs calcaires deviennent épais, ils forment toujours un relief marqué. Ces sédiments s'étendent vers le Nord jusqu'au pied sud de l'Alborz. Leur extension dans l'Iran Central ne dépasse pas la limite est du grand Kavir ; vers le Sud, ils s'étendent jusqu'à la limite méridionale du Marécage de Gavkhouni, et, vers l'Ouest, dans l'Azerbeïdjan et le Kurdistan.

Dans la région d'Avaj, les faciès marins peu profonds de la formation de Qom reposent en concordance sur la Formation rouge inférieure ou en discordance angulaire sur les terrains plus anciens.

Des calcaires gris clair, blanc laiteux, jaunes à roses, des marnes et des grès verts à gris sont caractéristiques de cette formation. Habituellement, ces couches marines contiennent des niveaux de tufs verts, ici, particulièrement épais, avec des roches volcaniques, et même des roches intrusives au Sud de notre territoire.

Le bassin le plus subsident dans lequel on observe une épaisseur d'environ 3 500 m de cette formation, se situe à l'extrême Sud-Est de notre domaine, où l'on ne voit jamais les dépôts continentaux de la formation sus-jacente. Son épaisseur se réduit vers le Nord et atteint 440 m dans la chaîne d'Ab-e-Garm.

Pour l'étude de la formation de Qom, la région d'Avaj peut-être divisée en quatre chaînes, respectivement, du Nord au Sud (voir fig.4)

- Chaîne d'Ab-e-Garm
- Chaîne d'Avaj septentrionale
- Chaîne d'Avaj méridionale
- Chaîne de Razan.

1.1 Formation de Qom dans la chaîne d'Ab-e-Garm

Cette formation y est caractérisée par la présence d'assises calcaires de couleur gris clair à jaune, roses et blanc laiteux qui sont habituellement nodulaires à leur base. A certains endroits, la partie supérieure de cette formation se compose d'une série de marnes vertes avec quelques intercalations de calcaires gréseux et organodétritiques. Les calcaires contiennent toujours des microfaunes et parfois des Oursins, Pélécypodes, Gastéropodes, Coralliaires et Algues. En général elle est calmement plissée, mais peut être assez faillée, particulièrement dans la partie est de cette chaîne. On y voit aussi un changement latéral de faciès depuis des calcaires à l'Ouest vers des marnes à l'Est. La formation de Qom repose ici en discordance sur l'Eocène et les séries plus anciennes. Mais au Nord de Qaleh Abdollahkhan où elle repose sur la Formation rouge inférieure (Oligocène) il n'y a plus de discordance angulaire.

Nous y avons choisi cinq coupes stratigraphiques permettant une étude détaillée :

1.1.1 La coupe au Nord du village d'Ab-e-Garm

Dans cette localité la formation de Qom repose directement sur les marnes du Crétacé supérieur. Elle se compose de conglomérats et de calcaires à sa partie inférieure (horizon 1 - 5, voir fig.33), de marnes vertes à sa partie supérieure (horizon 6) :

1. Conglomérats verts, mal stratifiés, leurs éléments appartiennent surtout à l'Eocène et sont cimentés par une matrice marneuse. On n'y voit aucun organisme (13 m).
2. Marnes pélitiques et gréseuses, verdâtres. Pas de fossiles (4.5 m).
3. Calcaires argileux verts à gris mal stratifiés avec des Coralliaires et des Algues (8 m). Un échantillon qui vient de leur base, contient la microfaune suivante (72.B.137.a) :

Miogypsina intermedia Drooger
Miogypsina aff. globulina Michelotti
Neoalveolina gr. melo Fichetel et Moil

4. Calcaires noduleux et récifaux gris, contenant des Algues et des Coelentérés (18 m). On y observe aussi les Foraminifères ci-dessous (72.B.137.b) :

Miogypsina sp.
Miogypsina intermedia Drooger
Miogypsina aff. Globulina Michelotti

5. Calcaires récifaux gris clair à Coelentérés et Algues. Epaisseur presque métrique. Au sommet ils deviennent marneux (30 m). Un échantillon (72.B.137.c) contient :

Neoalveolina gr. melo Fichetel et Moil
Miogypsina intermedia Drooger
Miogypsina sp.

6. Série uniforme de marnes vertes, bien litées, d'épaisseur centimétrique à décimétrique, parfois avec des intercalations de minces lits de calcaires organodétritiques parfois gréseux, de couleur gris clair (209 m). On y voit (échantillon 72.B.138-140b):

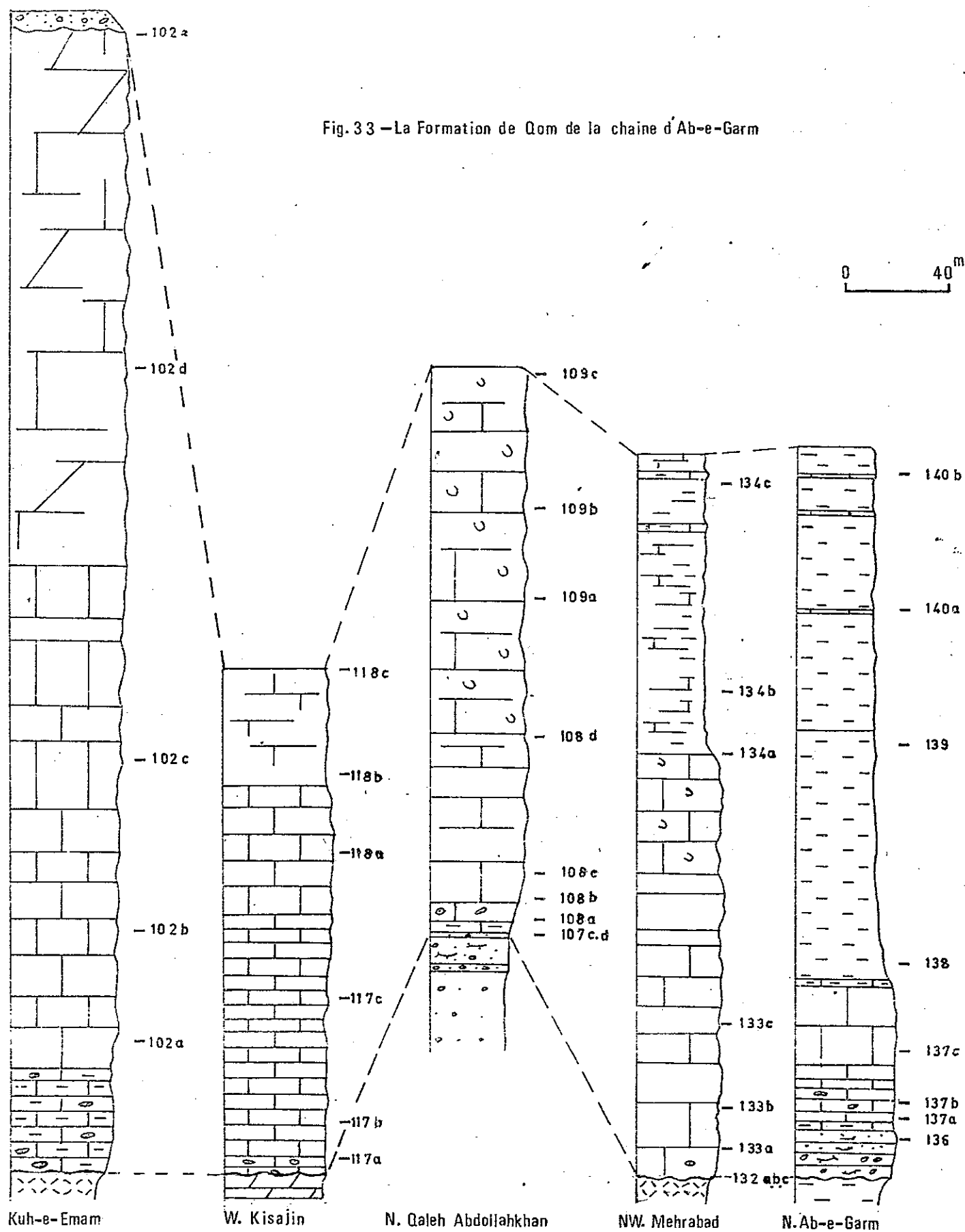
Neoalveolina gr. melo Fichetel et Moil
Miogypsina aff. globulina Michelotti
Miogypsina sp.

D'après A. Rahaghi, ces microfaunes de l'horizon 3 à l'horizon 6 confirment l'appartenance de cette formation au Burdigalien.

L'épaisseur des horizons calcaires, qui est d'environ 50 m, augmente sur une distance assez courte tant à l'Est que vers l'Ouest. La puissance de la formation atteint 290 m.

1.1.2 La coupe à 2 km au Nord-Ouest du village de Mehrabad

Cette coupe se situe à 4 km à l'Ouest de la précédente. Elle est caractérisée par un premier ensemble de calcaires récifaux épais de 165 m, noduleux à leur



base, et un autre ensemble marneux, moins épais que dans la coupe d'Ab-e-Garm (110 m). Nous avons pris plusieurs échantillons de cette coupe : les trois premiers (72.B.132.a,.b,.c, voir fig.33) qui viennent de la base de l'unité inférieure contiennent :

Neoalveolina gr. melo Fichetel et Moil
Miogypsina intermedia Drooger
Miogypsina aff. globulina Michelotti
Sphaerogypsina sp.

L'unité marneuse ne contient pas grand chose, mais des échantillons qui viennent des intercalations calcaires (72.B.133-134.a), ont fourni :

Neoalveolina gr. melo Fichetel et Moil
Miogypsina aff. globulina Michelotti

Toutes ces formes indiquent un âge Burdigalien.

1.1.3 La coupe au Nord de Qaleh Abdollahkhan

Dans cette localité la formation de Qom repose sur les assises continentales de l'Oligocène. La description détaillée de cette coupe, de bas en haut, est la suivante :

1. Calcaires conglomératiques et argileux, peu indurés, avec Pecten, Ostrea et Cardita (50 cm). Parmi lesquels Mme D. Petitbois a déterminé :

Pecten blenckenhorni Déperet et Roman
Amussiopecten burdigalensis Lamarck
Amussiopecten vinassai Ugolini (In Boni) indiquant un âge burdigalien.

Cet échantillon contient aussi Miogypsina gr. intermedia Drooger

2. Calcaires argileux verts (3 m) qui ne contiennent que Sphaerogypsina sp.

3. Calcaires noduleux à coelentérés et algues, de couleur gris clair, bien lités (10 m). Deux échantillons, l'un provenant de leur base (72.B.108.a), l'autre de leur sommet, ont fourni :

Miogypsina intermedia Drooger
Miogypsina aff. globulina Michelotti

4. Calcaires gris à blanc laiteux, diaclasés (toujours perpendiculairement au litage) en bancs massifs, d'épaisseur métrique avec des Coelentérés et des Algues. Un échantillon de la partie sommitale a fourni (72.B.108.c) :

Neoalveolina gr. melo Fichetel et Moil
Miogypsina intermedia Drooger
Miogypsina aff. globulina Michelotti
Sphaerogypsina sp.

5.7. Calcaires récifaux à Coelentérés et Algues de couleur blanc laiteux à rose et rougeâtre, habituellement diaclasés et massifs. Ils ont fourni les mêmes microfossiles que l'échantillon précédent, avec en plus Miogypsinoidea mauritanicus Brönnimann.

D'après A. Rahaghi les échantillons 107-108 b pourraient être attribués au Burdigalien, (ceci a été confirmé par identification des Pectens de l'horizon 1), et les autres indiquent nettement le même étage.

L'épaisseur de cette formation, qui est réduite dans cette localité est d'environ 220 m.

1.1.4 La coupe à 6 km à l'Ouest du village de Kisajin

Ici, les assises de la formation de Qom reposent sur la formation d'Elikah (Trias) qui affleure dans une petite vallée et n'a pu être figurée sur la carte géologique. Le caractère particulier de cette coupe est la présence de calcaires de couleur grise à jaune et rosâtre, bien lités, d'épaisseur décimétrique à métrique, noduleux à leur base. Leur partie supérieure est couverte par le Quaternaire et son épaisseur visible est d'environ 200 m. Les échantillons que nous y avons récoltés contiennent les microfaunes suivantes qui, d'après A. Rahaghi indiquent le Burdigalien (72.B.117.a - 118.c, voir fig.33) :

Miogypsina aff. globulina Michelotti
Miogypsina aff. intermedia Drooger
Neovalveolina gr. melo Fichetel et Moil
Miogypsinoides sp.
Neovalveolina sp.

1.1.5 La coupe de Kuh-e-Emam

Dans cette localité, les assises de la formation de Qom sont plus épaisses que dans les localités précédentes (environ 440 m). Elles reposent directement sur une surface d'érosion de la série des tufs verts de l'Eocène, et sont surmontées par les couches horizontales du Quaternaire. Elles sont représentées par des calcaires marneux et noduleux à Coelentérés et Algues, comme à l'Ouest de Kisajin, mais on y observe parfois des couches de calcaires, plus ou moins argileux contenant des Pélécypodes et des Gastéropodes à leur partie inférieure ; tandis qu'ils deviennent dolomitiques et massifs à leur partie supérieure. Nous y avons récolté cinq échantillons (voir fig.33) dont les trois premiers contiennent la microfaune suivante indiquant un âge Burdigalien :

Meandropsina sp.
Neovalveolina gr. melo Fichetel et Moil
Miogypsina gr. intermedia Drooger

1.2 La Formation de Qom dans la chaîne d'Avaj septentrionale

Lithologiquement, cette formation se modifie par rapport à la chaîne d'Ab-e-Garm. Elle est représentée par une série de marnes et de calcaires verts à gris, avec de nombreuses intercalations de calcaires organo-détritiques. Localement cette formation est accompagnée de roches volcaniques et contient des lits de tufs verts à gris clair. Elle peut y être divisée en trois unités : marnes et calcaires, tufs verts et roches volcaniques. Ces unités peuvent être bien observées au Sud du village de Parvan, alors que dans les autres localités certaines manquent. Leur épaisseur maximale atteint 1 100 m dans le Kuh-e-Aran. La formation repose sur une grande surface d'érosion tronquant les assises du Crétacé inférieur, jusqu'à l'Oligocène ; et est toujours surmontée par les assises évaporitiques et continentales de la Formation rouge supérieure ou des terrasses quaternaires. Le plissement est assez important, ainsi que les failles. Elle forme presque toujours de larges anticlinaux et synclinaux. Nous allons étudier ses caractères dans les localités ci-dessous :

1.2.1 Kuh-e-Aran

La formation de Qom n'y forme qu'un large anticlinal dont le noyau est constitué par des calcaires du Crétacé inférieur. Elle est limitée au Nord et au Sud par deux failles longitudinales qui se rejoignent vers le Nord-Ouest, ce qui fait qu'une partie de la formation manque au flanc nord de l'anticlinal (voir coupe EE' de fig.44). Dans cette localité les assises marines ou les volcanites de la Formation de Qom reposent directement sur la Formation rouge inférieure et montrent un changement lithologique brusque. Son contact avec la Formation rouge supérieure, sus-jacente est tantôt continu, tantôt transgressif.

- Les sédiments marins : ils se composent essentiellement de marnes et de calcaires avec des intercalations de lits et lentilles de calcaires biogéniques et détritiques de couleur grise à jaune, ainsi que de tufs, soit verts, soit gris clair. Les calcaires en particulier sont riches en microfaune, Pélécypodes, Gastéropodes, Oursins, Coelentérés et Algues.

- Les roches volcaniques : elles apparaissent sous forme de grandes lentilles ou de filons dans les dépôts marins. Elles se composent particulièrement de basalte, basalte à olivine, basalte andésitique, andésite et différentes sortes de tufs. Habituellement, les laves se manifestent par une texture aphanitique, mais on y voit aussi des textures porphyriques et vésiculaires (avec des vésicules remplies de calcite). A certains endroits, ces volcanites sont fortement altérées. L'étude microscopique de ces roches sera présentée avec la chaîne d'Avaj méridionale, où elles sont bien développées.

La coupe stratigraphique détaillée de la formation de Qom au Kuh-e-Aran est la suivante (fig.34) :

Base : les dépôts continentaux de la Formation rouge inférieure (horizon 1).

2. Basaltes vésiculaires, partiellement altérés, de couleur rouge à rouge foncé (83,70 m).

3. Calcaire biogénique et détritique fin, de couleur gris clair (30 cm).

4. Laves andésitiques rouges, fortement altérées (44,50 m).

5. Calcaires gréseux organodétritiques (35 cm).

6. Andésite, parfois altérée (31 m).

7. Calcaires argileux verts à gris clair avec de rares Pélécypodes (10 m).

8. Tufs verts, à grain grossier (4 m).

9. Calcaires argileux verdâtres avec quelques intercalations de calcaires gréseux (17,5 m).

10. Marnes uniformes vertes à grises (14 m).

11. Calcaires noduleux à Coelentérés, Algues et rares Oursins (6 m). Ils contiennent aussi la microfaune suivante (échantillon 72.B.81.a) :

Nephrolepidina aff. turnoveri Lemoine et Douvillé

Eulepidina sp.

Miogypsina globulina Michelotti

12. Calcaires organodétritiques à Lepidocyclines, qui disparaissent latéralement (8 m). Ils ont fourni (échantillon 72.B.81.b) :

Nephrolepidina tournoveri Lemoine et Douvillé

Miogypsina sp.

Operculina sp.

13.14 Alternance de marnes, calcaires gréseux et calcaires noduleux à Coelentérés et Algues (48 m).

15. Marnes vertes, finement litées (57 m).

16. Tufs verts à gris clair (3 m).

17. Calcaires argileux gris clair (2 m).

18. Andésites et basaltes andésitiques, fortement altérés.

19. Marnes vertes, bien stratifiées, sans organisme (49,50 m).

20. Calcaires argileux verdâtres à gris, finement lités et qui latéralement passent à des marnes (5 m).

21. Basalte à olivine vert foncé à noir (20 m).

22. Calcaires fins de couleur grise, à Algues et Bryozoaires (30,80 m).

23. Basaltes et basaltes andésitiques vert foncé, parfois vésiculaires et fortement altérés. Les vésicules sont remplies par de la calcite (64,80 m).

24.25. Calcaires gris clair, finement lités et noduleux au sommet (10,20 m).

26. Marnes verdâtres avec quelques intercalations de calcaires gréseux et argileux (43,50 m).

27. Une couche de 45 cm de calcaire organodétritique, contenant les Foraminifères suivants (échantillon 72.B.82.b) :

Miogypsina aff. globulina Michelotti

Eulepidina aff. dilatata Michelotti

Eulepidina sp.

Nephrolepidina sp.

28. Calcaire noduleux à Coelentérés et Algues (2,25 m).

29. Calcaires à algues, de couleur gris clair, à patine brune (3 m).

30. Calcaires argileux, finement lités et diaclasés (10 m).

31. Calcaires gris à blanc laiteux, à Algues, qui passent latéralement à des marnes (5 m).

32. Calcaires argileux verdâtres, finement stratifiés (10 m).

33. Calcaires à Coelentérés et Algues de couleur blanc laiteux à patine brunâtre (8 m).

34. Basalte andésitique vésiculaire, fortement altéré (45 m).

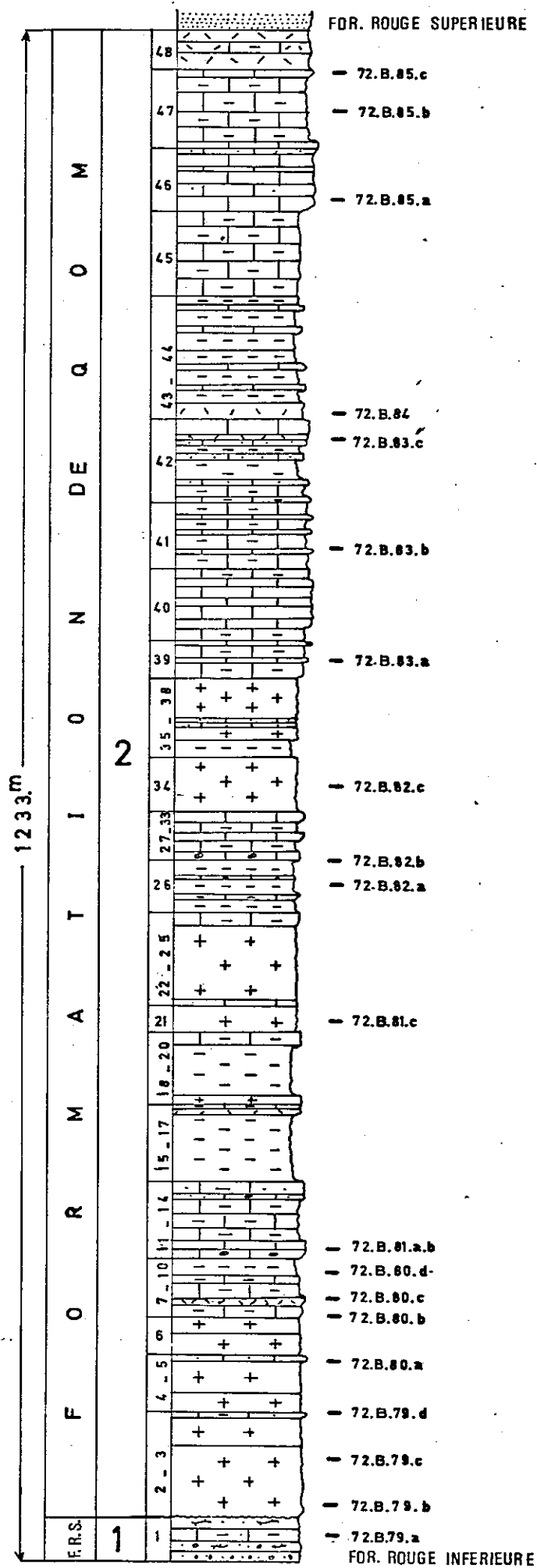


Fig.34 - Coupe des formations de l'Oligo-Miocène dans le Kuh-e-Aran

35. Marnes vertes, finement litées (15 m).
36. Andésite rouge et altérée (10 m).
37. Calcaires gréseux fins, gris clair (9 m).
38. Andésites et basaltes andésitiques de couleur rouge, partiellement altérés (47 m).
39. Calcaires argileux gris, finement lités avec quelques intercalations de calcaires biogéniques à microfaune, parfois gréseux et bréchiques (30,50 m). Un échantillon (72.B.83.a) a fourni :

Neoalveolina gr. melo Fichetel et Moil

Miogypsina aff. globulina Michelotti

40. Comme l'horizon précédent, mais avec des intercalations de calcaires gréseux tous les 5 m (58,25 m).

41. Alternance de calcaires argileux verts et de calcaires gris clair tous les 2 à 6 m (52,20 m). Un échantillon de ces couches montre (72.B.83.b) :

Miogypsina aff. intermedia Drooger

Miogypsina aff. globulina Michelotti

42. Marnes calcaires, vertes, avec quelques intercalations de calcaires gréseux et de tufs (66,95 m). L'échantillon 72.B.83.a de cet horizon, a fourni Miogypsina sp.

43. Tufs verts, à grain grossier (14 m).

44. Marnes vertes, avec quatre bandes de calcaires gréseux (85,50 m).

45. Calcaires argileux de couleur gris clair, bien lités (69 m).

46. Calcaires gris clair, finement lités et diaclasés, parfois gréseux avec des intercalations de couches de calcaires organodétritiques à Foraminifères, Algues et Coelentérés (49,60 m). Un échantillon de la base contient (72.B.85.a) :

Miogypsina aff. globulina Michelotti

Lithothamnium

Lithophyllum

Bryozoaires

47. Calcaires argileux à globigerines avec deux lits de calcaires biogéniques et détritiques à Algues et Coelentérés (65 m). Deux échantillons de ces calcaires contiennent (72.B.85.b, .c) :

Miogypsina aff. intermedia Drooger

Miogypsina aff. globulina Michelotti

Globigerina sp.

48. Tufs marneux et calcaires de couleur verte, 32 m d'épaisseur, qui terminent la coupe.

Au-dessus viennent les couches continentales de la Formation rouge supérieure. D'après A. Rahaghi, les microfaunes de la base de cette formation jusqu'à l'horizon 38, en confirment l'âge Aquitanien. Celles de l'horizon 39 jusqu'au sommet montrent l'âge Burdigalien.

1.2.2. Au Sud du village de Parvan

Dans cette localité (Ouest du village d'Avaj), qui se situe à la frontière de la chaîne d'Avaj septentrionale, et dans celle qui se trouve au Sud de la faille d'Avaj (voir fig.4 et carte géol.), la formation de Qom repose soit sur la série des tufs et des roches volcaniques de l'Eocène, soit sur les schistes métamorphisés du Trias supérieur - Jurassique au Nord. Vers le Sud elle bute contre ces derniers par une branche de la faille d'Avaj. Vers l'Est elle est surmontée par les assises continentales rouge foncé de la Formation rouge supérieure. Le contact montre un changement lithologique net entre les deux formations. Nous avons distingué trois subdivisions dans cette formation : des calcaires et des marnes, des roches volcaniques, et des tufs verts.

- Calcaires et marnes : cet ensemble est représenté par des couches de calcaires biogéniques à Coelentérés et Algues de couleur gris clair à jaunâtre qui sont bien stratifiés à leur base. Ces calcaires sont suivis par une série de marnes vertes avec des intercalations de quelques lits de calcaires organodétritiques à Foraminifères de l'Aquitainien.

- Les roches volcaniques : ces laves affleurent localement entre l'ensemble précédent et la série des tufs sus-jacents. Elles se composent de basaltes et de basaltes andésitiques de couleur vert foncé presque noire, avec des textures aphanitiques et parfois vésiculaires. Ces vésicules ne sont jamais remplies par des minéraux secondaires.

- Les tufs verts : cet ensemble qui se compose d'une série uniforme de tufs verts à grain grossier, bien lités, repose tantôt sur les roches volcaniques, tantôt sur l'ensemble des calcaires et marnes de cette formation. On y voit quelques intercalations minces de calcaires gréseux et organodétritiques sans microfaune.

1.2.3 Dans la montagne Aq Dagh

La formation de Qom y forme un large anticlinal dont le noyau est constitué par une série de tufs verts et les volcanites de l'Eocène. Au Nord, elle bute contre la Formation rouge supérieure par une faille longitudinale de direction générale Sud-Est, Nord-Ouest. Elle se compose d'une série de calcaires gris clair à jaunâtres et roses, tantôt bien lités, tantôt massifs avec des Bryozoaires, Algues, Coelentérés et Foraminifères. Parmi ces derniers, A. Rahaghi a identifié la liste suivante indiquant un âge Aquitainien :

Nephrolepidina tournoveri Lemoine et Douvillé

Eulepidina dilatata Michelotti

Miogypsina intermedia

Au Sud, un changement lithologique fait apparaître des marnes et des tufs verts avec quelques lits de calcaires organo-détritiques contenant différentes espèces de Miogypsina qui montrent l'âge Aquitainien. L'épaisseur de cette formation ne dépasse pas 600 m dans cette localité.

1.2.4 Au Sud du village d'Haladar

Ici, la formation de Qom est faiblement plissée et bute au Sud par une faille contre la Formation rouge supérieure. Au Nord, elle repose en discordance sur la

formation de Shemshak (Jurassique) et est surmontée par les assises évaporitiques de la formation rouge supérieure sus-jacente. Sa partie inférieure est représentée par une série de marnes vertes avec des lits de calcaires organo-détritiques. La puissance est de 250 m environ. Cette série est suivie par 15 m environ de calcaires roses à rouges, à patine rouille, plus ou moins recristallisés et bien lités. On y voit des Foraminifères et des traces de Pélécypodes.

Dans sa partie moyenne, elle se manifeste par une série de conglomérats rouges d'environ 60 m. Leurs éléments sont de même nature que l'horizon précédent, et sont cimentés par une matrice gréseuse et calcaire.

La partie supérieure se compose d'une série uniforme de calcaires gris, parfois argileux, contenant des Pélécypodes, et des Foraminifères. Leur épaisseur est de 80 m environ.

Toutes les microfaunes confirment l'appartenance de cette formation à l'Aquitaniien, mais il est possible qu'elle monte jusqu'au Burdigalien.

1.3 La Formation de Qom dans la chaîne d'Avaj méridionale

Nous y avons distingué une série assez épaisse de tufs verts et de volcanites que nos prédécesseurs ont confondue avec celle de l'Eocène. La présence d'une grande épaisseur (plus de 2 500 m) de roches volcaniques et volcano-sédimentaires de l'Aquitaniien et du Burdigalien, correspondrait à deux activités de volcanisme plus intense, favorisées par un régime de distension, notamment la long de la faille d'Avaj.

La formation varie, en épaisseur et en faciès, dans la chaîne et peut être divisée en six parties :

- calcaire inférieur
- tufs verts (unité a)
- les volcanites de l'Aquitaniien
- tufs verts (unité b)
- les volcanites du Burdigalien
- calcaire supérieur.

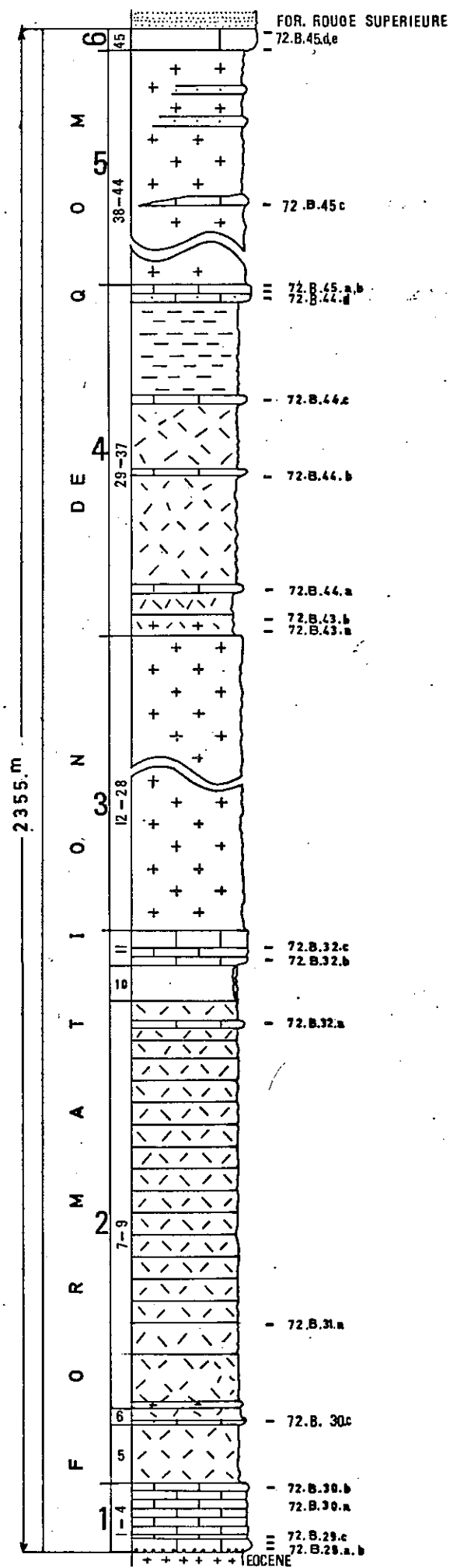
Ces subdivisions sont nettes au Nord du village de Manian, où elles sont particulièrement recoupées par la route, mais on ne peut pas les rencontrer partout dans la chaîne.

La coupe au Nord de Manian (fig.35)

- Calcaire inférieur : cet ensemble est représenté à sa base par une couche d'environ 2 m de calcaires conglomératiques de couleur grise à rouge. Leurs éléments sont essentiellement des tufs verts et des roches volcaniques de l'Eocène peu arrondis. La couche est suivie par des calcaires récifaux à Coelentérés, Algues et Bryozoaires de couleur grise à jaunâtre d'une puissance de 18 m. Un échantillon (72.B.29.a) du premier lit fossilifère ne contient que Nephrolepidina sp. La série continue vers le haut par 5 m de calcaires à Lepidocyclines, détritiques et bien lités (horizon 3, fig.35). Les échantillons 72.B.29.c, d de ce niveau montrent :

Nephrolepidina aff. turnoveri Lemoine et Douvillé
Eulepidina dilatata Michelotti
Miogypsinoïdes complanata Schlumberger

La partie supérieure de cet ensemble est caractérisée par une série épaisse



0 120m

Fig.35-Coupe de la Formation de Oom au N du village de Manian

de calcaires à Foraminifères, fins, parfois argileux et gréseux. Au sommet, ils deviennent biogéniques et détritiques. Puissance de 70 m. Nous y avons récolté deux échantillons (72.B.30.a,.b) qui contiennent :

Nephrolepidina tournoveri Lemoine et Douvillé

Eulepidina dilatata Michelotti

Operculina complanata De France

Globigerina sp.

- Tufs verts (unité a) : il s'agit d'une série uniforme de tufs verts avec des intercalations de calcaires fossilifères, qui repose normalement sur l'ensemble précédent. La description détaillée de la série est la suivante (horizon 5 - 11, fig.35) :

5. Tufs calcaires verts et finement lités.

6. Calcaires gris organo-détritiques à Foraminifères, d'environ 6 m, suivis par des couches de tufs verts. Un échantillon de ces calcaires a fourni :

Miogypsina globulina Michelotti

Operculina complanata De France

Eulepidina dilatata Michelotti

7.9. Série uniforme de tufs verts, à grain fin parfois grossier, calcaires, avec un filon de dacite andésitique d'environ 7 m à sa base, et une intercalation de calcaire détritique près du sommet.

10. Zone couverte d'alluvions.

11. Calcaires gris foncé, biogéniques et détritiques, constituant une grande lentille. Deux échantillons (72.B.32.b,.c) ont fourni :

Nephrolepidina tournoveri Lemoine et Douvillé

Eulepidina dilatata Michelotti

Miogypsina globulina Michelotti

Operculina complanata De France

L'épaisseur de cette unité est environ 750 m, et diminue vers l'Ouest et l'Est.

- les volcanites de l'Aquitanién : ces roches volcaniques reposent directement sur les assises de tufs précédentes. Elles se composent essentiellement de laves, de tufs et de roches filoniennes, qui affleurent dans le Kuh-e-Panjeh Angosht et le Kuh-e-Qaravolkhaneh.

Les laves se composent essentiellement d'andésites de composition différente, (dacitique et basaltique) et de basalte. Leurs textures sont porphyriques, vésiculées et aphanitiques.

Les tufs, sont habituellement verts gris et bruns à grain fin ou grossier, parfois bréchiques et bien lités.

Les roches filoniennes et intrusives se composent de diabases, dolérites et micordiorites, de couleur verte à grise, alternant localement avec des tufs. A certains endroits, les diabases ont une structure en gros sphéroïdes, observables le long de la route.

Etude microscopique des roches volcaniques aquitaniennes

Les tufs

Tufs lithoclastiques et tufs à cristaux : la roche possède une structure clastique et est composée de fragments de lattes de plagioclases (composition acide et intermédiaire) montrant des macles polysynthétiques ainsi que des grains de quartz. Les fragments de roches sont essentiellement andésitiques. La matrice est composée d'un matériel quartzo-feldspathique avec d'abondants minéraux secondaires comme la calcite et la chlorite. Des minéraux accessoires comme l'apatite, des zircons et des minéraux opaques sont aussi présents.

Tufs dévitrifiés : ils montrent des carbonates très abondants. Les autres minéraux sont de petits cristaux de plagioclases (albite), quelques cristaux de quartz et des grains opaques.

Tufs à cristaux dacitiques : des cristaux de petite taille de quartz et de plagioclases sont les principaux composants. La matrice est formée de matériel feldspathique et de verre dévitrifié. La calcite et la chlorite secondaires sont abondantes. Les minéraux accessoires sont composés d'apatite et de grains opaques.

Tufs andésitiques à cristaux lithoclastiques : les éléments de la roche sont formés de fragments de volcanites de composition acide et intermédiaire. Les fragments de cristaux sont des plagioclases (oligoclase-andésine). Les minéraux secondaires sont la calcite, la chlorite, l'épidote et des minéraux argileux. La matrice est composée de microlithes de plagioclases, de minéraux secondaires et de quelques grains de quartz.

Les laves

Les andésites : des structures porphyriques, gloméroporphyriques et pilotaxitiques ont été mises en évidence dans plusieurs échantillons. La roche est essentiellement composée de plagioclases (des phénocristaux de composition oligoclase - andésine pouvant atteindre jusqu'à 3 mm de long, légèrement séricitisés et altérés en carbonates et en minéraux argileux. La pâte est formée de petites lattes de plagioclases et de microlithes. Les minéraux ferromagnésiens primaires (probablement hornblende) sont complètement remplacés par la calcite, la chlorite, le sphène et le mica blanc secondaires. L'épidote est aussi présente comme minéral secondaire, tandis que l'apatite et des minéraux opaques sont accessoires.

Dans quelques échantillons, on observe des structures porphyriques et gloméroporphyriques avec un caractère fluidal. Elles sont essentiellement composées de phénocristaux de plagioclases (oligoclase - andésine). Ils peuvent atteindre 2 mm de long et sont partiellement kaolinisés et séricitisés. La pâte est formée de microlithes de plagioclases ainsi que de quelques feldspaths alcalins et du quartz. Les minéraux secondaires sont la chlorite, la séricite, la calcite, des minéraux argileux, le sphène, l'épidote et quelques grains de quartz dans la pâte.

Andésite dacitique : elles ont les mêmes structures que les andésites précédentes, mais par endroits la structure de la pâte est pilotaxitique et feldspathique. Parmi les phénocristaux on trouve des plagioclases (ils peuvent atteindre 3 mm de long et sont partiellement kaolinisés). On y voit aussi des minéraux ferromagnésiens (hornblende partiellement altérée en chlorite et épidote). La pâte se compose de microlithes, de plagioclases, de quartz et de feldspaths potassiques. L'épidote, la chlorite, le sphène et l'apatite sont secondaires.

Andésite basaltique : la structure est porphyrique, pilotaxitique (dans la pâte), vésiculaire dans quelques échantillons. La roche est essentiellement composée de phénocristaux de plagioclases (partiellement altérés en minéraux argileux et probablement albitisés), et de pyroxènes qui sont partiellement altérés en carbonates. La pâte est formée de microlithes de plagioclases et de granules de pyroxènes. Des carbonates (remplissant les bulles et résultant aussi de l'altération des plagioclases et des clinopyroxènes), un peu de quartz et d'abondantes épidotes (cristaux granulaires et parfois aciculaires) forment les minéraux secondaires.

Basalte : sa structure est porphyrique, vésiculaire. Dans quelques échantillons, des phénocristaux de plagioclases (à composition de labrador, légèrement altérés en calcite), d'olivine (altérée en carbonates et en oxydes de fer) et de pyroxènes (altérés en oxydes de fer) constituent les minéraux principaux. Les minéraux ferromagnésiens sont complètement remplacés par des oxydes de fer. Des carbonates (remplissant les bulles), des oxydes de fer et quelques chlorites sont secondaires.

Les roches filoniennes

Diabase : plusieurs échantillons étudiés montrent des structures diabasi-ques et ophitiques. La roche est principalement composée de lattes de plagioclases (à composition de labrador avec macle de carlsbad - albite), et d'augite. La chlorite (abondante), la biolite, la calcite, le sphène et l'épidote sont secondaires. On peut aussi observer des oxydes de fer opaques.

Dolérites : elles ont une structure doléritique, et sont formées de plagioclases (jusqu'à 2 mm de long, légèrement séricitisés et probablement prèhnitisés), et d'abondantes amphiboles (trémolite et actinolite pour la plupart). Calcite, épidote, sphène et chlorite sont secondaires.

Microdiorites : elles sont essentiellement composées de lattes de plagioclases (la plupart automorphes, zonées, montrant des macles polysynthétiques, et très altérées), de minéraux ferromagnésiens, de clinopyroxènes et de quelques amphiboles. Les minéraux secondaires sont la chlorite, la séricite, le sphène et la calcite.

- Tufs verts (unité b) : cette unité d'une puissance de 480 m repose directement sur les volcanites de l'Aquitainien. Elle est représentée à sa base par 15 m environ d'ignimbrites de couleur verte, grise et rouge (horizon 29). Viennent ensuite :

30. Tufs verts, grain grossier, bien lités (45 m).

31. Calcaires organodétritiques gris à Foraminifères. L'échantillon (72.B.44.a) a fourni :

<u>Miogypsina</u> aff. <u>globulina</u>	Michelotti
<u>Miogypsina</u> aff. <u>intermedia</u>	Drooger
<u>Sphaerogypsina</u> sp.	
<u>Planorbulina</u> sp.	
<u>Astérigerina</u> sp.	
<u>Globigerina</u> sp.	

32. Tufs marneux et calcaires, verts, finement lités (180 m).

33. Calcaires gris clair, assez fins, à Globigerines (6 m).

34. Tufs calcaires verts, finement stratifiés avec quelques couches d'ignimbrites (90 m).

35. Calcaires biogéniques et détritiques de couleur gris à jaunâtre (12 m), avec même microfaune que le niveau 31.

Leur partie supérieure se compose d'une série de marnes plus ou moins calcaires avec des intercalations minces de calcaires à Globigerines (129 m). Elles sont suivies par une grande lentille de calcaire presque massive de couleur grise, jaune ou rose à Foraminifères. Le calcaire est noduleux et conglomératique à sa base. L'épaisseur maximum de cette lentille est d'environ 20 m, mais elle se réduit vers l'Est et vers l'Ouest. Plusieurs échantillons de ce niveau ont fourni :

<u>Miogypsinoides</u>	sp.	
<u>Miogypsina</u> aff. <u>globulina</u>		Michelotti
<u>Operculina</u> <u>complanata</u>		De France
<u>Sphaerogypsina</u>	sp.	
<u>Amphistegina</u>	sp.	

- Les volcanites du Burdigalien : ces roches affleurent dans le Kuh-e-Boland et le Kuh-e-Kalleyary, et se composent essentiellement de laves (andésite, dacite, basalte) de tufs ; et de roches filoniennes (horizon 38 - 44).

Les laves ont toujours des structures porphyriques, mais à certains endroits, les textures sont aphanitiques et vésiculaires. Leurs couleurs sont verte, grise, brune ou noire. Ces roches volcaniques sont parfois diaclasées, fortement altérées et parfois minéralisées. Au Nord du village de Mazraeh, on y observe de petits filons de chalcopryrite, de chalcosine et de bornite et de la malachite.

Les tufs et ignimbrites sont en général verts ou gris, parfois bruns, bréchiques, de composition plus acide que basique.

Les roches filoniennes et intrusives recoupent les laves et les tufs. Elles ont les mêmes couleurs que les volcanites et pour cette raison on ne peut pas toujours les séparer tant sur le terrain que sur la carte.

Ces volcanites contiennent toujours quelques lentilles de calcaires détritiques à Algues, Bryozoaires et Foraminifères et des calcaires gréseux. Des échantillons que nous y avons récoltés ont fourni :

<u>Planorbulina</u>	sp.	
<u>Biloculina</u>	sp.	
<u>Asterigerina</u>	sp.	
<u>Heterostegina</u>	sp.	
<u>Rotalia</u>	sp.	
<u>Globigerina</u>	sp.	
Algues (lithophyllum et lithothamnium)		
Bryozoaires		

Etude microscopique des roches volcaniques burdigaliennes

Les résultats des études microscopiques des roches volcaniques et volcano-détritiques de cet ensemble sont résumés ci-dessous.

Les tufs

Les tufs acides : ils sont essentiellement composés de phénocristaux de plagioclases (de composition acide et intermédiaire possédant la macule albite et carlsbad) et de quartz. La pâte est formée d'un fin assemblage quartzofeldspathique.

Chlorite et sphène sont secondaires. Apatite et oxydes de fer forment les minéraux accessoires.

Tufs lithiques à cristaux : leur structure est clastique, et ils sont constitués principalement de fragments de roches et de cristaux dans une matrice feldspathique, avec d'abondantes chlorites et des sphènes secondaires. Les fragments de roches sont de composition intermédiaire et les fragments de cristaux sont des plagioclases acides et des grains de quartz.

Ignimbrites : ces roches sont composées de phénocristaux de plagioclases de composition acide et intermédiaire (légèrement altérés en minéraux argileux, sub-automorphes, pouvant atteindre 2 mm de long), et de grains de quartz dans une matrice fluidale quartzofeldspathique. Calcite, sphène, biotite, épidote, apatite, minéraux opaques et quelques fragments de roches andésitiques sont présents dans la pâte.

Les laves

Les dacites : des structures porphyriques dans une matrice felsitique et parfois des structures fluidales, suggèrent que ces roches pourraient être des ignimbrites.

La roche se compose principalement de phénocristaux de plagioclases acides montrant la macle albite et carlsbad, et partiellement altérés en séricite, chlorite et en minéraux argileux. Les minéraux ferromagnésiens primaires sont probablement des hornblendes, qui sont complètement remplacés par des minéraux secondaires. La pâte felsitique est formée de quartz (verre dévitrifié), de plagioclases acides, de feldspaths potassiques et de chlorites secondaires. Quelques cristaux d'apatite, de zircon et des minéraux opaques sont aussi présents.

Les andésites : dans divers échantillons les structures sont porphyriques, pilotaxitiques et vésiculaires. Ces roches sont essentiellement formées de phénocristaux de plagioclases (à composition andésine, pouvant atteindre 2 mm de long, partiellement altérés en séricite, chlorite, carbonates et minéraux argileux. Les minéraux primaires ferromagnésiens ne peuvent pas être distingués du fait de l'altération et sont complètement remplacés par des minéraux secondaires. La pâte est composée de microlites de plagioclases. Des carbonates (remplissant des bulles et remplaçant les plagioclases), des chlorites, du quartz (remplissant des bulles), de l'épidote et du sphène sont secondaires.

Les andésites dacitiques : elles sont formées de phénocristaux de plagioclases (oligoclase à andésine, légèrement séricitisé), et de cristaux de quartz dans une pâte felsitique. Un peu de séricite, probablement de la préhnite, du sphène et des minéraux opaques sont secondaires.

Les basaltes : la structure est porphyrique. De grands cristaux de minéraux ferromagnésiens (pyroxène), très altérés, actuellement remplacés par de la chlorite, de la serpentine et des oxydes de fer sont présents dans une matrice formée de lattes de labrador et de granules de pyroxène.

Les roches filoniennes

Les caractéristiques microscopiques de ces roches sont les mêmes que celles déjà mentionnées dans l'étude microscopique de l'ensemble volcanique de l'Aquitainien.

- Calcaires supérieurs : cet ensemble qui constitue la partie la plus élevée de la

formation de Qom, est représenté par une série de calcaires de couleur grise, blanche, jaune et rose. Ils sont mal stratifiés, voire massifs, avec des Coelentérés, des Algues, et des Bryozoaires. On y voit aussi de rares Foraminifères, particulièrement au Nord et à l'Est du village d'Aqchay, où l'épaisseur de l'ensemble atteint 120 m. Ces calcaires disparaissent latéralement, couverts par des terrasses quaternaires. Les échantillons (72.B.45.d,.e) ont fourni :

<u>Neoalveolina</u> gr. <u>melo</u>	Fichtel et Moil
<u>Sphaerogypsina</u> sp.	
<u>Heterostegina</u> sp.	
<u>Globigerina</u> sp.	
<u>Textularia</u> sp.	
<u>Miliolidés</u>	

Age de la coupe de Manian

D'après A. Rahaghi, les assemblages de tous les échantillons des ensembles calcaires inférieurs et tufs verts (unité a) de cette coupe confirment l'appartenance de ces niveaux à l'Aquitarien.

Les spécimens de l'ensemble tufs verts (unité b) ne contiennent jamais de Lepidocyclinidés (Eulepidina dilatata et Nephrolepidina tournoveri, etc...). Pour cette raison on l'a attribué au Burdigalien, ainsi que l'ensemble calcaire supérieur à cause de l'existence de Neoalveolina gr. melocurdica.

La coupe de Kuh-e-Qazeyan

Dans cette montagne et sur le versant Sud-Est de Kuh-e-Karaghan, la formation de Qom peut être divisée en deux ensembles successifs de calcaires et de tufs (fig.36).

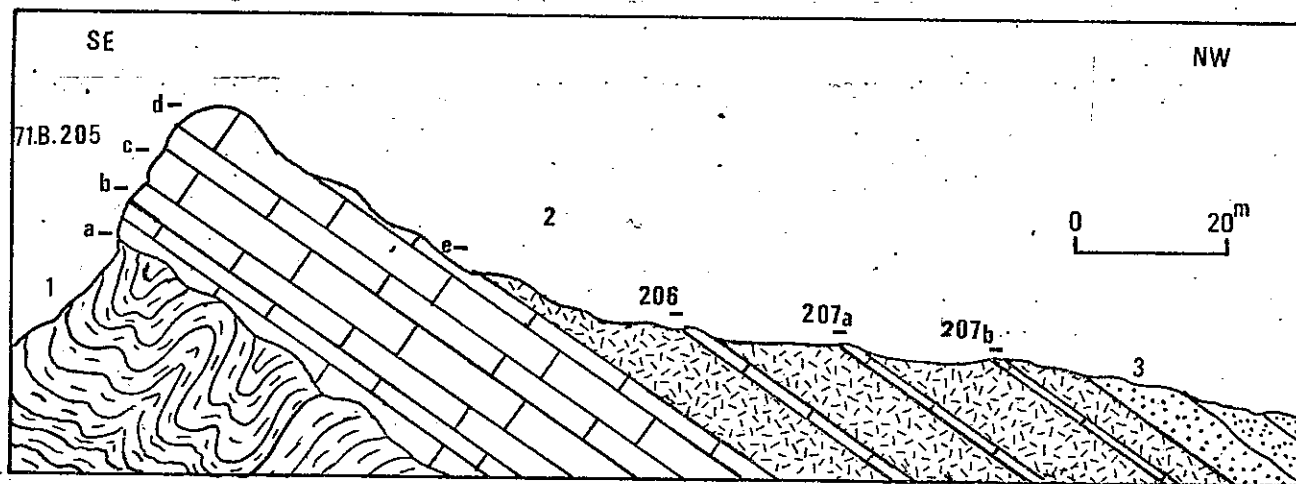


Fig.36 - Coupe de la Formation de Qom dans le Kuh-e-Qazeyan
 1 - Schistes de Trias supérieur - Jurassique
 2 - For. Qom
 3 - For. rouge sup.

L'ensemble calcaire : cet ensemble, qui repose en discordance angulaire sur la série schisteuse du Trias supérieur - Jurassique, est représenté par environ 30 m de calcaires conglomératiques gris clair, à Lepidocyclines, Algues et Coelentérés à

leur base. Ces calcaires sont suivis par une série d'autres calcaires de couleur grise, rose ou jaunâtre, partiellement bréchiques, d'une puissance de 75 m. Ces couches qui ne comportent pas d'organisme, sont surmontées par 124 m environ de calcaires rouge clair, parfois blanc laiteux à Algues, à Coelentérés, avec les Foraminifères suivants :

<u>Miogypsina globulina</u>	Michelotti
<u>Miogypsina</u> sp.	
<u>Nephrolepidina</u> aff. <u>turnoveri</u>	Lemoine et Douvillé
<u>Eulepidina dilatata</u>	Michelotti
<u>Operculina</u> aff. <u>complanata</u>	De France
<u>Sphaerogypsina</u> sp.	
<u>Planorbulina</u> sp.	
<u>Rotalia</u> sp.	
<u>Globigerina</u> sp.	

L'ensemble des tufs : il repose normalement sur l'ensemble précédent et se compose d'une série uniforme de 350 m de tufs verts, à grain fin à grossier, par endroits bréchiques, avec quelques intercalations de calcaires organo-détritiques de couleur gris clair. Cet ensemble est surmonté directement par les assises continentales de la Formation rouge supérieure, sus-jacente. Trois échantillons de différents niveaux calcaires ont fourni :

<u>Miogypsina intermedia</u>	Drooger
<u>Miogypsina globulina</u>	Michelotti
<u>Miogypsinoïdes</u> sp.	
<u>Sphaerogypsina</u> sp.	
<u>Globigerina</u> sp.	
<u>Textularia</u> sp.	

D'après A. Rahaghi, tous ces Foraminifères montrent l'appartenance de la formation à l'Aquitainien.

Vers l'Est, au Nord du village de Karfs, la formation de Qom est représentée par une série de marnes et de calcaires argileux qui sont assez plissés et en discordance sur la série du Trias supérieur - Jurassique ; tandis qu'un peu plus loin, au Nord du village de Qozal darreh, le faciès devient calcaire. Dans ces deux localités la micropaléontologie ne montre qu'un âge Aquitainien. Les dépôts burdigaliens éventuels seraient cachés sous les terrasses quaternaires.

1.4 La Formation de Qom dans la zone de Razan

Elle y est bien développée, assez plissée et plus ou moins faillée. Elle dessine de nombreux et larges anticlinaux et synclinaux. Le bassin le plus profond de la formation de Qom se trouve au Sud-Est de la chaîne de Razan. Il s'y est déposé une grande épaisseur de sédiments marins (3 500 m), en discordance angulaire sur la série schisteuse du Trias supérieur - Jurassique. Son contact avec la Formation rouge inférieure, sous-jacente, est marqué par un brusque changement de faciès.

A l'Est de Kuh-e-Dagerman, elle est représentée par une série de calcaires organo-détritiques à Lepidocyclines, tandis que vers l'Ouest (au Nord du village de Kanisan) elle commence par des assises de grès. Un échantillon qui vient de la première couche de cette formation, contient :

<u>Nephrolepidina</u> aff. <u>turnoveri</u>	Lemoine et Douvillé
<u>Spiroclypeus tidoenganensis</u>	

Eulepidina sp.
Operculina complanata De France
Globigerina sp.

La coupe continue par une alternance de calcaires argileux fortement di-
clasés et de marnes vertes ou grises, bien litées, qui admettent des intercalations
de couches de calcaires organo-détritiques riches en Foraminifères, et parfois de
grès et de calcaires gréseux. Les nombreux échantillons que nous y avons pris, con-
tiennent :

<u>Miogypsina globulina</u>	Michelotti
<u>Miogypsina intermedia</u>	Drooger
<u>Nephrolepidina</u> sp.	
<u>Eulepidina</u> aff. <u>dilatata</u>	Michelotti
<u>Operculina</u> aff. <u>complanata</u>	De France
<u>Sphaerogypsina</u> sp.	
<u>Kufus arenarius</u>	
<u>Rotalia viennotti</u>	

Vers le haut, on observe une série uniforme de marnes vertes qui contien-
nent quelques lits de calcaire et de grès à grain grossier. Les calcaires sont tou-
jours riches en Foraminifères ; on y voit aussi des Algues, des Coelentérés. Les
échantillons de ce niveau ont fourni :

<u>Miogypsina intermedia</u>	Drooger
<u>Miogypsina globulina</u>	Michelotti
<u>Operculina complanata</u>	De France
<u>Nephrolepidia tournoveri</u>	Lemoine et Douvillé

D'après A. Rahaghi, cette microfaune est de l'Aquitanién. Les dépôts marins
de cet étage sont assez épais et peuvent atteindre 2 700 m.

Les sédiments de l'Aquitanién sont suivis par une série marneuse verte avec
des intercalations de calcaires récifaux, lenticulaires à Coelentérés, Algues, Bryo-
zoaires et Foraminifères, de couleur blanche ou jaune, et de grès à grain grossier.
Cette série a fourni :

<u>Miogypsinoides mauritanicus</u>	Drönnimann
<u>Miogypsina</u> sp.	
<u>Operculina</u> sp.	
<u>Amphistegina</u> sp.	
<u>Textularia</u> sp.	
<u>Globigerina</u> sp.	
<u>Miliolidés</u>	

D'après A. Rahaghi, cette microfaune indique un âge Burdigalien.

L'épaisseur visible du Burdigalien est d'environ 800 m, mais le sommet dis-
paraît sous des terrasses quaternaires.

Vers l'Ouest et l'Est l'épaisseur de la formation de Qom se réduit, et le
faciès devient celui d'un calcaire à Foraminifères, bien stratifié, de couleur grise
à jaunâtre.

A l'Ouest du village de Razan, cette formation peut être divisée en deux
ensembles, l'un de calcaires, l'autre de marnes avec des tufs, qui sont recoupés par
une masse dioritique intrusive, tandis qu'au Sud-Est de ce village la formation se
compose de calcaires formant cuesta (fig.37).

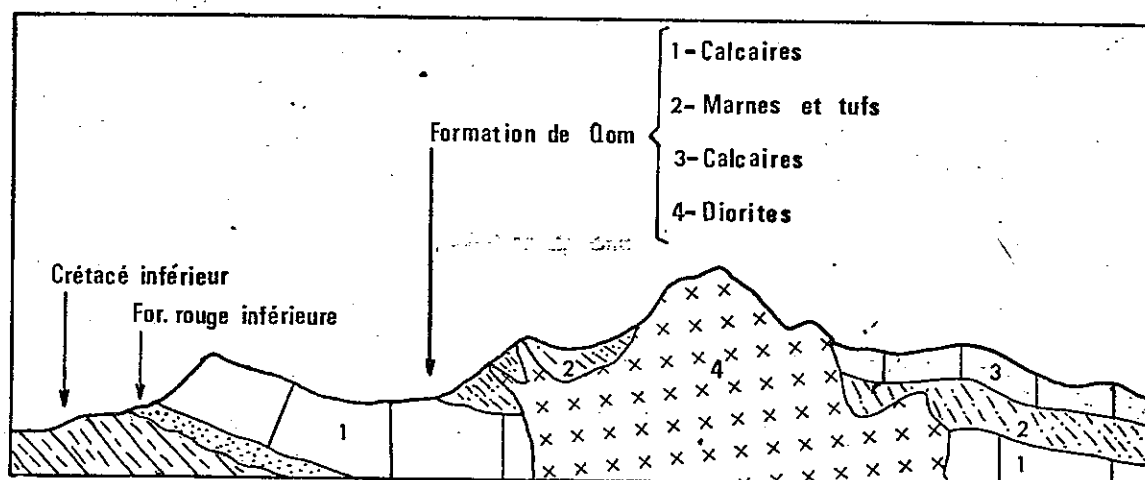


Fig.37 - Coupe schématique de la formation de Qom à l'Ouest du village de Razan.

- 1'ensemble calcaire : il repose directement sur la Formation rouge inférieure, et se compose d'une série de calcaires conglomératiques à leur base, à Foraminifères. La microfaune indique toujours l'Aquitaniien.

- 1'ensemble des marnes et tufs : il se compose de bas en haut des niveaux suivants :

1. Alternance de marnes et de calcaires argileux ou gréseux verts, avec quelques intercalations de tufs, parfois brêchiques et de calcaires biogéniques et détritiques à Foraminifères.

2. Des grès à grain grossier, de couleur gris clair, tufs et calcaires gréseux, recoupés par des filons et des sills de composition dioritique.

3. Calcaires avec matériaux volcaniques, parfois gréseux sans fossiles.

4. Masse de diorite à filons aplitiques.

Seul le niveau 1 de cet ensemble, contient la microfaune suivante indiquant encore un âge Aquitaniien :

<u>Miogypsina</u> aff. <u>intermedia</u>	Drooger
<u>Operculina</u> sp.	
<u>Planorbulina</u> sp.	
<u>Elphidium</u> sp.	

Puisque les autres niveaux ne comportent pas de fossile caractéristique, on ne peut pas les dater avec précision, mais il est bien possible que la sédimentation s'y prolonge jusque dans le Burdigalien.

1.5 Age, transgression et distribution de la Formation de Qom

L'âge de la base de cette formation varie suivant les régions. D'après

J. Stöcklin (1954), il serait Oligocène moyen dans la région d'Hastijan (présence de Nummulites intermedius). Dans la région de Qom, deux bassins ont été distingués : dans le bassin méridional, selon l'auteur précité, les assises de la formation de Qom sont d'âge Oligocène moyen - supérieur, tandis que, dans le bassin septentrional, la formation aurait un âge Oligocène supérieur à Miocène inférieur.

Dans la région de Tafresh, J. Hadjian (1970) a signalé que la base de la transgression de cette formation livre des microfaunes de l'Oligocène supérieur "Chattien".

La région d'Avaj, pendant le dépôt de la formation de Qom, était en relation avec le bassin situé au Nord de Qom et celui de Tafresh. Le calcaire à Néovalvulina melocurdica qui existe dans le bassin septentrional de Qom, se retrouve dans la plupart de notre territoire.

Ici, cette formation a été bien datée : la transgression est de l'Aquitainien sauf dans la chaîne d'Ab-e-Garm où elle serait du Burdigalien.

La transgression de la mer se faisait du Sud vers le Nord et le Nord-Ouest, de sorte que l'âge de la base de la formation de Qom est plus jeune en allant du Sud au Nord.

La distribution géographique et les variations d'épaisseur de cette formation et celle d'Asmari (équivalent de la formation de Qom dans la chaîne de Zagros) figurent sur la carte des Isopaques (fig.38).

1.6 Conclusion

Après une régression presque générale à la fin de la sédimentation de la Formation rouge inférieure causée par un mouvement épirogénique, la mer transgressive de l'Aquitainien vient recouvrir la majeure partie de la région d'Avaj. Il faut noter que le bassin marin oligo-miocène de la région de Qom rejoint vers l'Ouest celui de Saveh - Hamadan - Avaj.

Dans notre territoire, la mer aquitaniennne recouvre les versants sud et nord de la chaîne d'Avaj méridionale, mais n'aurait pas recouvert ses sommets en raison de leur altitude. Au Sud de cette chaîne, on observe des assises marines de type peu profond, avec, localement, des volcanites de l'Aquitainien au Burdigalien ; tandis que sur son flanc nord, les couches de l'Aquitainien et du Burdigalien sont cachées sous la Formation rouge supérieure.

La chaîne d'Ab-e-Garm, et plus précisément sa partie ouest, a été un horst pendant l'Aquitainien, et est restée émergée jusqu'au Burdigalien qui verra son immersion.

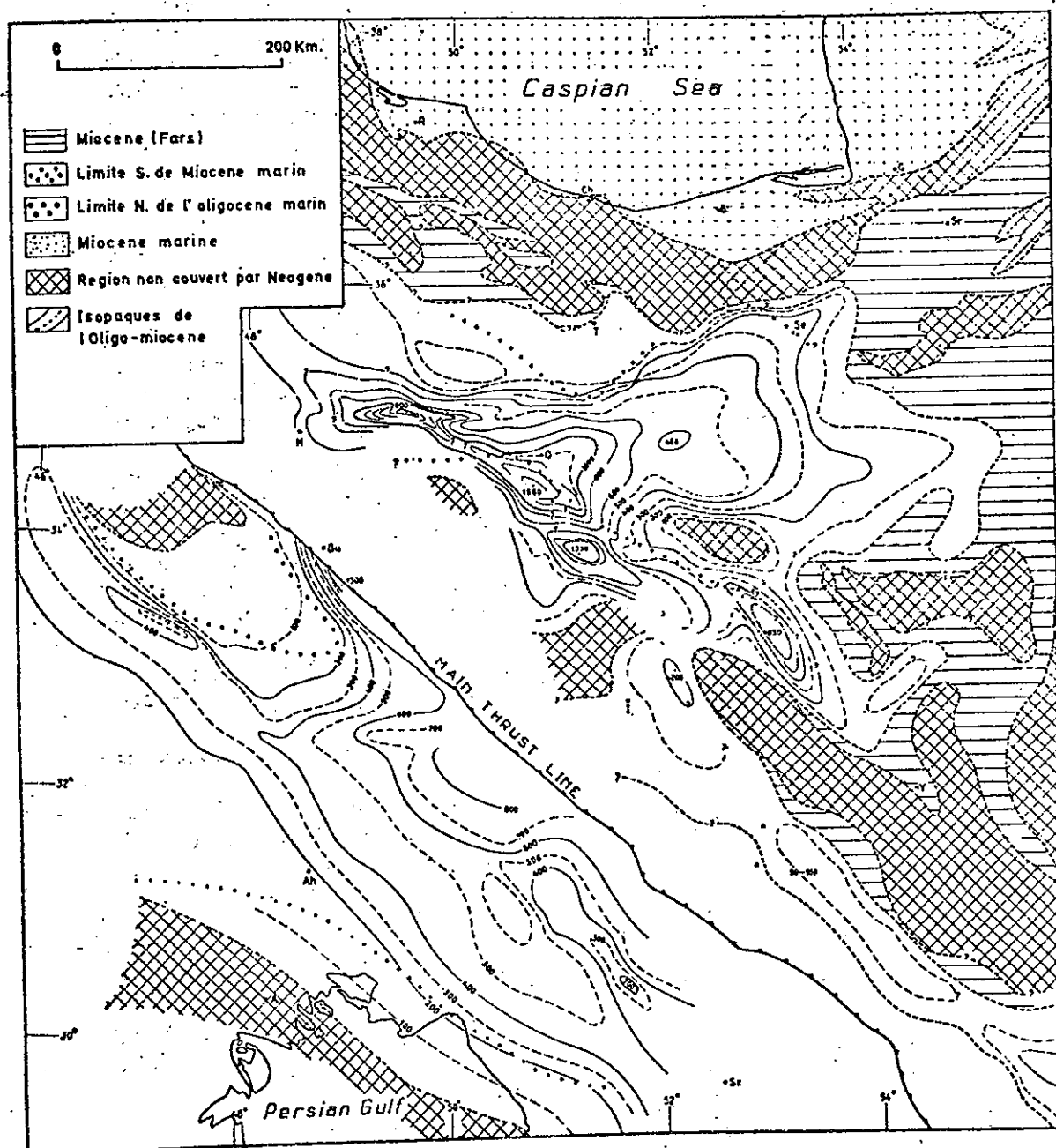


Fig.38 - Les isopaques de l'Oligo-miocène marin en Iran d'après H. Huber et A. Gansser. 1955

1. La Formation Rouge Supérieure

Il s'agit de sédiments continentaux et évaporitiques qui affleurent dans la majeure partie de l'Iran, notamment dans sa partie centrale. Ils recouvrent en général les couches marines de la formation de Qom, mais reposent parfois directement sur des séries plus anciennes. Ils ont été désignés par le terme de "Formation Rouge Supérieure" (Upper Red Formation) en 1950 par les géologues de la Société Nationale Iranienne des Pétroles dans la région de Qom.

Les deux formations rouges (inférieure et supérieure) sont lithologiquement analogues et ne comportent jamais de fossile dans le domaine étudié ainsi que dans la majeure partie de l'Iran Central. On peut les distinguer l'une de l'autre seulement dans les régions où l'on observe entre elles la formation de Qom.

Dans le territoire étudié ici, la Formation rouge supérieure est bien développée dans la zone d'Ab-e-Garm, tandis que l'on ne voit que quelques petits affleurements sur le versant sud de la chaîne d'Avaj méridionale, dans la zone de Razan. Elle repose en général en concordance sur la formation de Qom, et leur contact est marqué soit par la présence d'une couche de brèches à ciment gréseux à 6 km au Nord du village d'Avaj, soit par des dépôts de gypse sur le versant sud de Kuh-e-Emam Zadeh. Mais parfois elle repose en discordance sur les terrains plus anciens. Elle est surmontée en discordance angulaire par des couches conglomératiques du Quaternaire. Cette formation est assez épaisse, notamment dans la zone d'Ab-e-Garm où son épaisseur est d'environ 2 750 m, contre 500 m environ dans la zone de Razan.

Cette formation peut être divisée en deux unités successives, qui montrent cependant des variations latérales de faciès rapides et n'ont donc pour cette raison, qu'une valeur locale.

1.1 Unité 1

Cette unité est caractérisée par des assises continentales et évaporitiques et peut être localement subdivisée en un faciès continental (couches rouges d'Avaj) et un faciès lagunaire (gypse et sel). Son épaisseur varie de 1 650 à 2 750 m.

Les couches rouges d'Avaj

Les assises continentales affleurent bien au Sud du village d'Avaj d'où le nom que je leur ai donné. Il s'agit d'une alternance de grès, de marnes et de pélites de couleur rouge à rouge foncé, parfois verte et grise. A certains endroits on y voit des marnes gypsifères et de petites lentilles de gypse, particulièrement à leur partie inférieure.

La partie supérieure se compose essentiellement de marnes rouges, qui contiennent des couches gréseuses et parfois conglomératiques. Ces marnes sont gypsifères et salifères, et jalonnées de sources salées. On observe des couches à stratification entrecroisée et à granoclassement dans les assises gréseuses et conglomératiques.

Une coupe stratigraphique détaillée des couches rouges d'Avaj, a été prise à 6 km du village d'Avaj (niveau 1-25 fig.39) :

Au-dessus des tufs calcaires et marneux verts de la formation de Qom, sous-jacente, viennent :

1. Brèche à ciment gréseux, gris clair et non consolidée (80 cm à 2 m).
2. Grès verts à gris, fins, bien lités, qui passent à des grès rouges, micacés et parfois gypsifères au sommet (73 m).
3. Grès rouges à grain grossier, d'épaisseur décimétrique avec des intercalations minces de marnes (40 m).
4. Alternance de marnes et de grès rouges. Ceux-ci contiennent des structures entrecroisées. Au sommet, une couche de marne verte épaisse de 1 m (20 m).
5. Grès rouges finement lités (10 m).
6. Marnes rouges avec quelques lits de grès à structure entrecroisée (66 m).
7. Marnes vertes contenant des couches de grès d'épaisseur métrique (32 m).
8. Alternance de marnes gypsifères vertes et de marnes rouges (26 m).
9. Une lentille de gypse d'un diamètre apparent de 60 m (4 m).
10. Dolomies gréseuses jaunes (2 m).
- 11.12. Alternance de marnes rouges prédominantes, et de grès à grain grossier (145 m).
- 13.14. Marnes rouges, parfois gypsifères avec des intercalations de grès de temps en temps micacés (119 m).
15. Marnes grises à rouges avec quelques lits de grès (42 m).
- 16.17. Alternance de marnes rouge foncé ou brunes et de grès contenant des structures entrecroisées et des ripple-marks (149 m).
18. Marnes uniformes rouges finement litées (72 m).
- 19.20. Marnes rouges avec des lits de grès gris, d'épaisseur décimétrique, parfois non consolidées (100 m).
21. Marnes roses avec trois couches de grès à grain grossier à leur partie moyenne et deux lentilles de gypses, d'épaisseur métrique, au sommet (248 m).
22. Alternance de pélites et de marnes rouges à roses (134 m).
23. id avec quelques lentilles de conglomérats, contenant des structures grano-classées (29 m).
24. Pélites et marnes roses avec des intercalations de grès et parfois de conglomérats (134 m).
25. Alternance de grès avec des structures grano-classées, de marnes et de pélites rouges (29 m).

Sommet : conglomérats de Biab

L'épaisseur de cette série atteint, ici, 1 650 m, tandis qu'elle dépasse

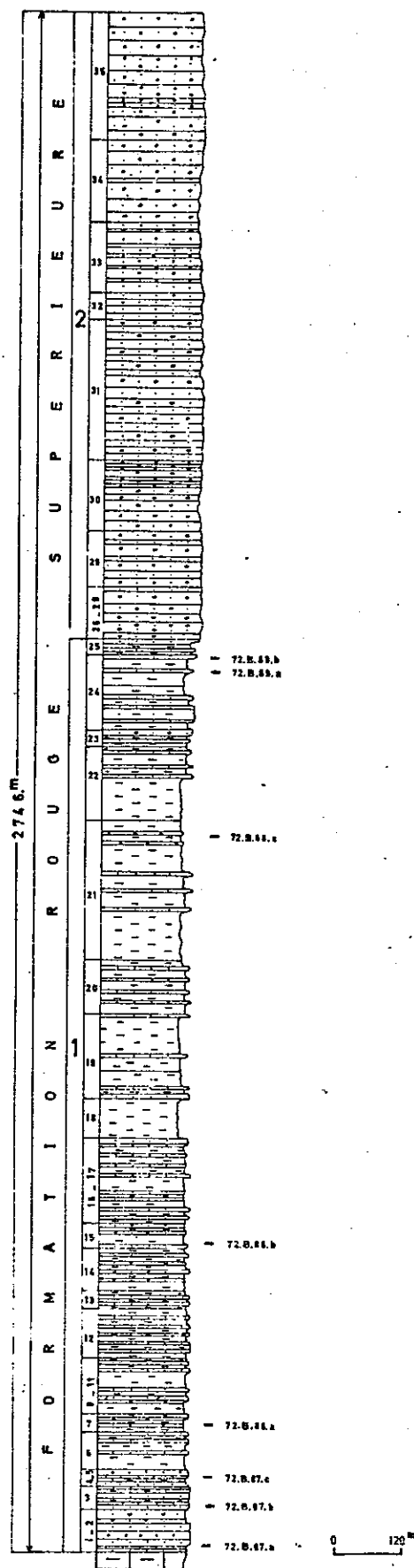


Fig.39—Coupe de la Formation rouge supérieure au Sud du village d'Aval

2 700 m dans le Kuh-e-Emam Zadeh, où elle se compose d'une alternance de grès, de pélites et de marnes, bien lités. Sur le versant sud de cette montagne la Formation rouge supérieure repose en continuité sur la formation de Qom. Elle est représentée à sa base par une couche d'environ 4 m de gypse, suivie par une série de marnes, de grès et surtout de conglomérats, faiblement plissés.

A 2,5 km au Sud d'Avaj, on voit les grès et les conglomérats rouge foncé de cette formation, reposer directement sur les assises marneuses vertes de la formation sous-jacente avec un brusque changement lithologique ; mais au Nord-Est de ce village (le long de la faille d'Avaj) ils reposent sur les formations plus anciennes.

Les dépôts évaporitiques

Ces dépôts se présentent toujours, à la partie inférieure de la Formation rouge supérieure (couches rouges d'Avaj). Ces dépôts sont réduits, mais économiquement importants. A certains endroits ils ont été tectoniquement ramenés à la surface, en structures diapiriques.

A l'Est du village de Shurab, la série se compose essentiellement de sel et de gypse qui constituent un dôme de sel exploité à la mine de Kharagan. Ce dôme à 800 m de largeur, 400 m de longueur et 150 m de hauteur.

Le gypse apparaît comme des nodules et des lentilles dans les marnes gypsifères, mais à certains endroits, il constitue des accumulations remarquables. Le gypse apparaît aussi au Sud du village de Dakhrajin, et le long d'une faille de direction SE - NW au Sud du village de Najafabad. Ces dépôts évaporitiques sont exploités dans les trois localités que nous venons de mentionner.

1.2 Unité 2 (Conglomérats de Biab)

Cette unité, qui constitue le noyau d'un large synclinal entre le Kuh-e-Karkhaneh à l'Est et le Kuh-e-Namak et Taveh Dagh à l'Ouest, forme une large falaise longue d'environ 20 km. Elle se compose d'une série assez épaisse de conglomérats épais d'environ 150 m que nous avons appelés "conglomérats de Biab" du nom du village de Biab (35° 41' 30" N et 49° 12' 20" E)..

Ces conglomérats forment une grande lentille qui disparaît latéralement et se change en grès et en marnes rouges. Ils sont formés essentiellement d'une série uniforme de conglomérats, bien lités ou massifs, de couleur grise, rose et rouge pâle. Leurs éléments appartiennent à des formations différentes, cimentées par une matrice gréseuse et pélitique. En certains endroits, la matrice n'est pas très compactée. Le pourcentage des galets varie de 20 % à 80 %. On y observe quelques intercalations de grès non consolidés et de couches gréseuses non indurées, particulièrement à leur partie supérieure. On y voit aussi des structures sédimentaires : ripple-marks, stratifications entrecroisées et granoclassements. Par endroits l'érosion plio-pléistocène a provoqué la formation de "cheminées de fées" très pittoresques (photo 2 planche 4).

La coupe stratigraphique détaillée des conglomérats de Biab peut être relevée dans la même localité que celle des couches rouges d'Avaj (voir fig.39 niveaux 26 à 35). Au-dessus des grès, marnes et pélites rouges (horizon 25 des couches rouges d'Avaj), viennent :

26. Conglomérats gris à rouges, bien lités avec des structures granoclassées et des ripple-marks. Leurs galets sont toujours arrondis avec une taille variant de quelques millimètres à 10 cm. Les galets représentent 30 % de la roche et le reste est une matrice pélitique. (30 m).

27. Conglomérats rouge pâle à gris, d'épaisseur décimétrique à métrique. La taille des galets varie de 10 cm à 30 cm (33 m).

28. id mais, en plus, deux intercalations de grès. On y voit aussi des structures entrecroisées (31 m).

29. Conglomérats gris à roses. La taille de leurs éléments ne dépasse pas 20 cm, la matrice est tendre et gréseuse (100 m).

30. Conglomérats gris d'épaisseur métrique, peu compacts (127 m).

31. Couches conglomératiques à ciment gréseux, plus ou moins indurées, à morphologie alvéolaire (284 m).

32. Conglomérats rouge pâle, peu indurés (49 m).

33. Conglomérats gris, contenant des galets de 1 à 20 cm avec matrice pélitique (128 m).

34. Les couches conglomératiques uniformes de couleur grise à rouge pâle, d'épaisseur décimétrique à métrique (149 m).

35. Conglomérats rouge clair, avec quelques intercalations de couches sableuses (230 m).

Le sommet de cette série manque à l'affleurement.

Ces conglomérats affleurent aussi à l'Ouest du village de Shurab, où ils ne sont pas épais et offrent des intercalations de marnes et de grès. Vers le Nord-Ouest de ce village, les couches conglomératiques se réduisent et finalement disparaissent. On ne voit plus, alors qu'une série marneuse, pélitique et parfois gréseuse, faiblement plissée.

Enfin, la Formation rouge supérieure a été observée sur le versant sud de Kuh-e-Karaghan, Kuh-e-Shah Golak et Kuh-e-Panjeh Angosht dans la zone de Razan (voir Carte Géol.) sous la forme de grès et de marnes rouges épais de 500 m.

1.3 Age de la Formation rouge supérieure

L'âge de cette formation varie localement. D'après J. Stöcklin (1954), les assises de cette formation sont attribuables à l'Oligocène supérieur dans la région de Qom. Mais dans presque tout l'Iran Central l'âge de cette formation est considéré comme Miocène parce qu'elle repose sur la formation de Qom, laquelle est datée de l'Oligo-Miocène. D'après Gansser (1955), les couches de la Formation rouge supérieure de l'Iran Central sont à mettre en corrélation avec les sédiments du "Fars Group" de la chaîne du Zagros, où l'âge des premières assises de ce groupe est attribué au Miocène inférieur (G.A. James et J.G. Wynd, 1965) et ses dernières couches sont datées du Pliocène (J.V. Harrison 1930).

Dans la région de Tafresh, J. Hadjian (1970) a trouvé plusieurs microfossiles dans cette formation, indiquant le Miocène inférieur.

En ce qui concerne la région étudiée, cette formation ne comporte aucun organisme, sauf quelques traces de plantes indéterminables. Mais elle repose sur les dernières assises de la formation de Qom, sous-jacente, datées du Burdigalien. Donc il est tout à fait logique de considérer qu'elle débute au Burdigalien tardif, peut

être au Vindobonien et continue peut être jusqu'au Pliocène (?) car elle est toujours recouverte en discordance angulaire par le Quaternaire horizontal.

1.4 Conclusion

Le bassin, où s'est déposée cette formation dans le territoire étudié, rejoint celui de l'Iran Central comme celui de la formation de Qom.

Après le régime marin de la formation de Qom, une légère tendance à l'émer-sion provoque peut être une régression et le dépôt de sédiments évaporitiques et ter-rigènes en certains points de la région d'Avaj ; tandis qu'ailleurs, on voit un chan-gement brusque entre les couches marines de la formation sous-jacente et les assises continentales de la Formation rouge supérieure, changement qui indique un mouvement épigénétique dans cet intervalle.

La direction de transport des éléments de cette formation continentale a suivi la même direction de transport et de transgression que la formation de Qom sous-jacente (SE-NW). Les résultats fournis par les diverses mesures reportées sur stéréogramme nous permettent de définir deux types principaux de transport des élè-ments :

- l'un est parallèle à la direction de transport (structure entrecroisée)
- l'autre, perpendiculaire (ripple-marks).

Ces mesures, effectuées dans la Formation rouge supérieure, (fig.40) ont donné les résultats suivants :

Canevas N° 1,6	N 28 W
Canevas N° 2,5,7,8	N 50 W
Canevas N° 3	N 60 W
Canevas N° 4	N 70 W

L'analyse de ces structures primaires montre que la direction du transport des éléments de la Formation rouge supérieure est N 50 W.

Au cours de cette régression générale, la mer a cependant réoccupé tempo-rairement la région située, d'une part, entre les chaînes d'Ab-e-Garm et d'Avaj méri-dionale (voir fig.4) et d'autre part, sur le rebord Sud de cette dernière, où elle dépose des évaporites associées à des conglomérats et des grès. Par contre, il est très vraisemblable que la partie sud de la région d'Avaj (plus particulièrement le secteur Sud-Est) a émergé à la fin du Burdigalien ou au début du Vindobonien. Cepen-dant, il n'est pas exclu qu'une mer peu profonde ait pu y subsister, parfois assez tard en certains points ; malheureusement aucun fossile marin n'a pu y être trouvé.

STRUCTURES SEDIMENTAIRES DIRECTIONELLES (Structure entre-croisée et ripple mark) DANS LA FORMATION ROUGE

SUPERIEURE DELA REGION D'AVAJ

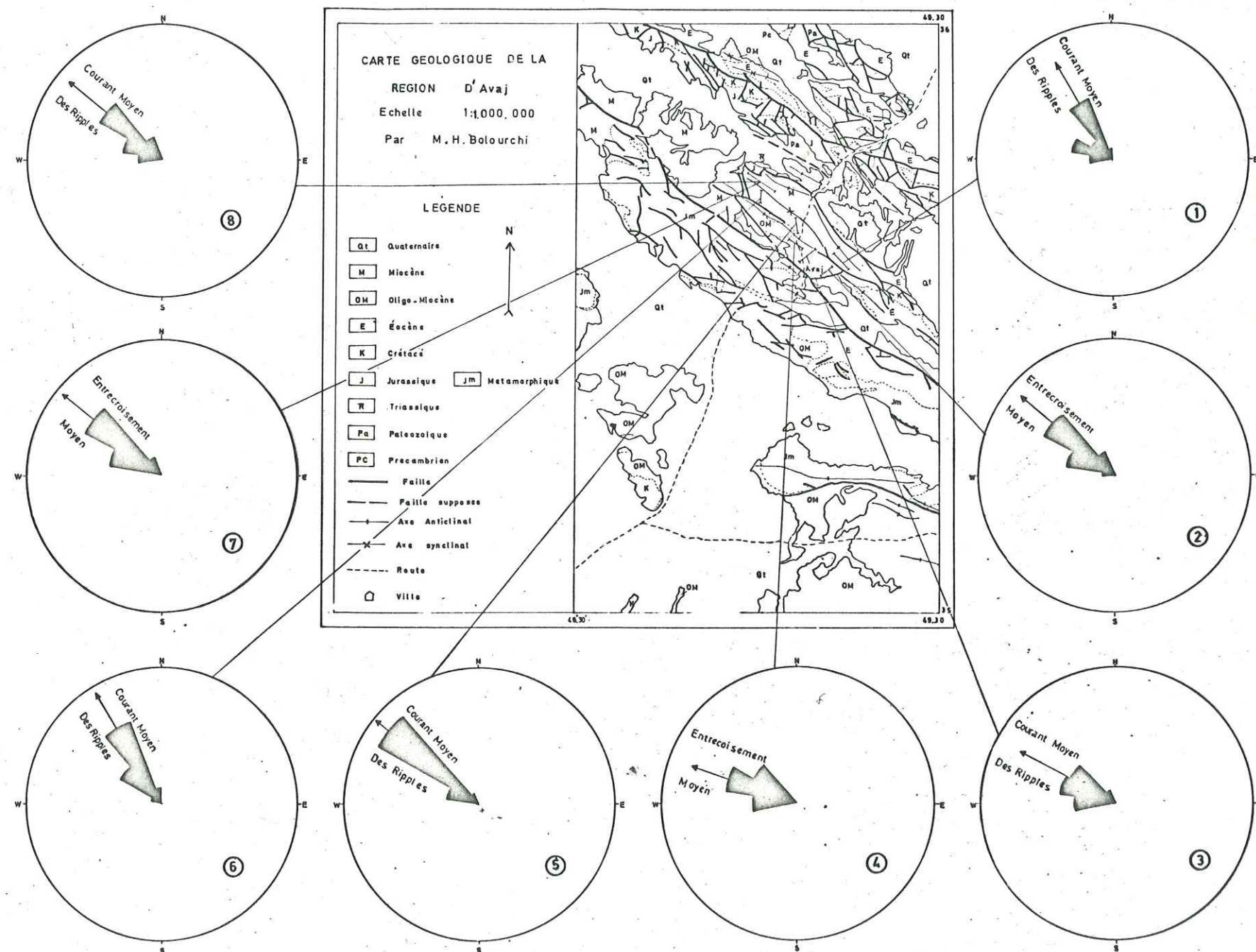


Fig.40

F - QUATERNAIRE

Le quaternaire du domaine étudié ici comprend des sédiments et des roches volcaniques :

a - LES SÉDIMENTS

Ce sont surtout des éboulis, des alluvions, des terrasses, qui reposent en discordance sur les formations plus anciennes. On connaît des travertins, évidemment liés à des sources tuffeuses dont certaines sont encore actives. C'est par exemple le cas de celle d'Ab-e-Garm, où la source jalonne une faille de direction Est-Ouest (Photo 3, planche 5). L'eau y sort avec une température de l'ordre de 50°. Cette eau est légèrement radioactive (V. Issakhanian Com.pres.). Cette radioactivité lui a été probablement apportée par les grès et les schistes de la formation de Shemshak (Jurassique) ou bien par les sédiments continentaux de l'Infracambrien.

b - LES ROCHES VOLCANIQUES (COULEES)

Elles affleurent à la limite Sud-Est de notre territoire (Sud de Qezel Hessar et Est de Dam Darreh) au sein de la formation de Qom. Ce sont des basaltes à pyroxène et des limburgites de couleur gris foncé à noir. Habituellement ces laves ont des textures aphanitiques, mais on y voit aussi des textures porphyriques et vésiculaires. Les vésicules sont généralement remplies par de la calcite et de l'analcime.

Au microscope, le basalte à pyroxène présente une structure porphyrique. Il est riche en clinopyroxène (augite). La matrice est composée de plagioclases (de composition intermédiaire et basique), d'amphibole (hornblende) et de verre. La hornblende est transformée en opacite (chlorite, biotite et opaques). Les minéraux secondaires se composent d'une faible quantité de chlorite et de biotite. L'apatite et des grains opaques sont accessoires.

Les limburgites, également à structure porphyrique, sont essentiellement composées de phénocristaux d'olivine (idiomorphe, partiellement transformée en oxydes de fer) et de pyroxène. La matrice, vitreuse, montre des microlithes de plagioclases et de pyroxènes, avec des paillettes de biotite, d'analcime et des grains d'oxydes de fer.

Au point de vue de leur âge, ces laves reposent non seulement sur la formation de Qom, mais aussi sur des terrasses quaternaires. Elles sont donc récentes et peuvent être comparées aux émissions du Kuh-e-Damavand (Nord-Est de Téhéran, P. Allenbach 1966), du Kuh-e-Sahand (Bordet et al, 1971-1974), du Kuh-e-Sabalan (Didon et al, 1975) en Azerbeïdjan et du Mont. Ararat en Turquie - Arménie (M.H. Bolourchi, 1969).

CHAPITRE III

CONCLUSION A L'ETUDE PETROGRAPHIQUE ET PETROCHIMIQUE DES ROCHES

IGNEES

A - RESUME DE L'HISTOIRE VOLCANIQUE DE LA REGION ETUDIEE

Cinq phases de volcanisme peuvent être distinguées :

a - JURASSIQUE

La Formation de Lar a fourni dans la chaîne d'Ab-e-Garm des andésites et des basaltes en quantité peu importante.

Dans la zone de Razan, les schistes métamorphiques du Trias supérieur - Jurassique renferment de nombreux dépôts de tufs pyroclastiques et des coulées de roches volcaniques variées (dacites, rhyodacites, et basaltes).

b - CRETACE INFERIEUR

C'est seulement dans la zone d'Ab-e-Garm qu'une activité volcanique réduite se manifeste pendant tout l'Aptien, associée au dépôt des calcaires à Orbitolines qui sont parfois lardés de filons. Ce sont des andésites, des basaltes andésitiques, des Tufs ; et des basaltes qui recoupent les autres formations volcaniques. Au microscope ces basaltes qui se manifestent assez frais, semblent appartenir aux phases volcaniques plus jeunes (Oligo-Miocène ou même Quaternaire). Mais ils ne coupent jamais les sédiments du Crétacé supérieur et les formations plus jeunes.

c - EOCENE

C'est à cette période que se produit l'activité volcanique principale dans la région d'Avaj. Les formations volcaniques jalonnent la faille d'Avaj. On les connaît aussi dans la chaîne d'Ab-e-Garm. Ce sont des tufs de composition variée, ignimbrites, dacites, andésites dacitiques, andésites, andésites basaltiques, basaltes spilites et porphyrites.

d - OLIGO-MIOCENE

Les roches volcaniques de cette époque sont connues dans la chaîne d'Avaj, d'une part au Nord (Kuh-e-Aran, d'autre part au Sud (Kuh-e-Panjeh Angosht, Kuh-e-Qaravolkhaneh, Kuh-e-Boland et Kuh-e-Kalleyary). Dans ce dernier secteur, on peut distinguer deux phases : une première à l'Aquitanién (consistant en andésites, basaltes, spilites en coulées et tufs), une autre au Burdigalien (consistant en dacites, andésites et basaltes également en coulées et tufs).

e - QUATERNAIRE

Coulées de basaltes à olivine et de limburgites sont produites au Sud de la zone de Razan.

B - MINERALOGIE DES ROCHES VOLCANIQUES

LE PLAGIOCLASE : Dans les roches basiques comme les basaltes andésitiques et les basaltes du Crétacé, de l'Eocène et de l'Oligo-Miocène, le plagioclase varie de l'andésine au labrador ; dans les roches acides (dacites et rhyolites), il oscille entre oligoclase acide et andésine. Ils sont toujours altérés en divers minéraux secondaires, en fonction de la composition chimique du plagioclase ; l'oligoclase - andésine est séricitisé, et chloritisé, tandis que les plagioclases plus basiques sont saussuritisés.

LE CLINOPYROXENE : ce minéral, le plus typique pour les andésites et les basaltes andésitiques, se présente en cristaux automorphes et sub-automorphes. Il est habituellement voisin de l'augite. On y observe des transformations, tantôt en uralite ou actinote et tremolite, tantôt en une association de calcite, épidote et chlorite.

L'AMPHIBOLE : c'est un minéral typique des roches acides en particulier des dacites ; on le trouve parfois aussi dans les roches andésitiques. Il s'agit en général de hornblende, à bordure d'oxydes de fer (ce qui indique une oxydation très forte) et à coeur de chlorite et calcite.

LA BIOTITE : elle est typique des dacites et des roches plus acides avec une altération en chlorite, oxydes de fer et calcite.

L'OLIVINE : ce minéral caractéristique des basaltes andésitiques et des basaltes est souvent transformé soit en serpentine, soit en iddingsite.

LE QUARTZ : les roches acides, surtout les dacites, comportent presque toujours des phénocristaux de quartz automorphes à xénomorphes avec golfe de corrosion.

LE FELDSPATHOÏDE : seules les roches les plus alcalines comportent et encore très rarement, des cristaux automorphes de feldspathoïde (probablement analcime). L'analyse chimique qui a été réalisée sur cette roche (échantillon B0.36, voir tableau 7), indique une sous-saturation.

LES MINÉRAUX SECONDAIRES: Albite, quartz, calcite, épidote, actinote, tremolite, préhnite, serpentine, iddingsite et oxydes de fer.

LES MINÉRAUX ACCESSOIRES : Apatite, zircon, sphène et grains de minéraux opaques.

C - PETROCHIMIE DES ROCHES VOLCANIQUES

Notre but n'étant pas une étude poussée des volcanites, nous nous contentons de présenter une ébauche d'étude pétrochimie, avec les différents paramètres (C.I.P.W. et I.D.) que nous avons obtenu à partir de neuf analyses chimiques seulement (tableaux 6, 7).

Les résultats des analyses chimiques ne montrent aucune trace de feldspathoïde normatif (sauf l'échantillon B0.36 qui contient 8.26 % de nepheline normative). Pour cette raison, les roches volcaniques du territoire étudié ne peuvent provenir que d'un magma de compositions calco-alcalines.

L'étude des roches volcaniques révèle que des phénomènes de différenciation sont survenus pendant toutes les étapes du volcanisme ; il en résulte une assez grande variété dans les types de roches qui se sont formés.

Tableau 6 : ANALYSES CHIMIQUES

Lab. N°	Bo .36	Bo .37	Bo .38	Bo .41	Bo .42	Bo .43	Bo .44	Bo .51	Bo .52
Age	Eocène	Jurassique	Crétacé	Crétacé	Eocène	Crétacé	Eocène	Miocène	Miocène
Field N°	70.B.14b	70.B.32b	70.B.33b	71.B.99c	71.B.106	71.B.111a	71.B.136	71.B.220b	71.B.221b
SiO ₂	48.00	48.42	49.54	49.25	50.00	55.88	61.20	56.82	50.43
Al ₂ O ₃	14.67	19.56	14.56	15.98	13.16	17.71	17.64	17.21	18.23
Fe ₂ O ₃	7.16	3.00	2.51	5.36	6.25	2.33	5.95	3.61	2.57
Feo	0.88	3.40	6.12	4.24	4.50	5.07	0.40	2.16	3.44
TiO ₂	0.98	1.77	0.80	0.99	0.90	0.90	1.11	0.69	0.86
CaO	8.25	6.38	9.38	7.25	13.38	2.75	5.00	7.50	10.50
MgO	2.06	4.63	11.44	6.05	3.13	3.81	0.29	1.83	1.55
Na ₂ O	4.18	5.25	2.48	2.74	3.21	5.90	3.25	3.10	3.30
K ₂ O	4.95	0.48	0.62	1.84	0.43	0.74	1.86	2.00	1.34
MnO	0.11	0.05	0.12	0.14	0.16	0.09	0.03	0.12	0.28
P ₂ O ₅	0.70	0.43	0.24	0.46	0.68	0.24	0.49	0.17	0.40
H ₂ O ⁻	1.09	0.65	0.30	1.00	0.47	0.50	0.57	0.32	0.33
H ₂ O ⁺	4.94	3.31	1.28	1.70	2.80	3.30	0.18	1.77	2.16
CO ₂	2.23	2.45	0.10	2.51	0.71	1.17	1.68	2.20	4.35
TOTAL	100.20	99.78	99.49	99.51	99.78	100.39	99.65	99.50	99.74

Tableau 7 : CALCUL DE NORME ET DES PRINCIPAUX PARAMETRES

Echantillon Bo.36 : Tephri-andésite (3 km au N du village de Nayjuk)

Oxydes	% en poids	Norme	Paramètres, de C.I.P.W.	Paramètres de Niggli
SiO ₂	48	Or-28.66	p = 2	al = 13.20
Al ₂ O ₃	14.67	Ab = 19.45	q = (5) 6	fm = 57.64
Fe ₂ O ₃	7.16	An = 6.94	r = 5	c = 13.86
Feo	0.88	Ne = 8.62	s = 4 (5)	alc = 11.13
TiO ₂	0.98	Di = 11.07	h = 3	si = 75.47
CaO	8.25	Wo = 6.34	k = 1	ti = 11.32
MgO	2.06	Mt = 0.35	i = (4) 5	p = 0.37
Na ₂ O	4.18	He = 6.92	m = 2	k = 0.43
K ₂ O	4.85	Ilm = 1.86		mg = 0.83
MnO	0.11			
P ₂ O ₅	0.70	Ap = 1.62		
H ₂ O ⁻	1.09			
H ₂ O ⁺	4.94			
Co ₂	2.23			
TOTAL	100.20			

Echantillon Bo.37 : Andésite (N du village d'Oqur)

SiO ₂	48.42	Q = 2.95	p = 2	al = 33.04
Al ₂ O ₃	19.56	C = 5.51	q = 5	fm = 32.69
Fe ₂ O ₃	3.00	Or = 2.84	r = 5	c = 19.13
Feo	3.40	Ab = 44.42 An = 13.35	s = 5	alc = 14.78
TiO ₂	1.77	Hyp = 12.46	h = (2) 3	si = 139.13
CaO	6.38	Mt = 4.35	k = 1	ti = 3.8
MgO	4.63	Ilm = 3.36	i = 4(5)	p = 0.51
Na ₂ O	5.25	Ap = 1.00	m = 3	k = 0.05
K ₂ O	0.48	Cc = 5.57		mg = 0.58
MnO	0.05			
P ₂ O ₅	0.43			
H ₂ O ⁻	0.65			
H ₂ O ⁺	3.31			
Co ₂	2.45			
TOTAL	99.78			

Echantillon Bo.38 : Basalte (2 km au N du village d'Oqur)

Oxydes	% en poids	Norme	Paramètres, de C.I.P.W.	Paramètres de Niggli
SiO ₂	49.54	Or = 3.66	p = 3	al = 18.79
Al ₂ O ₃	14.56	Ab = 20.99	q = 5	fm = 53.21
Fe ₂ O ₃	2.51	An = 26.77	r = 4	c = 21.94
Feo	6.12	Di = 14.04	s = 4 (5)	alc = 6.04
TiO ₂	0.80	Hyp = 18.09	h = 1 (2)	si = 108.27
CaO	9.38	Ol = 8.44	k = 2	ti = 1.31
MgO	11.44	Mt = 3.64	i = (1) 2	p = 0.26
Na ₂ O	2.48	Ilm = 1.52	m = 2	k = 0.13
K ₂ O	0.62	Ap = 0.56		mg = 0.70
MnO	0.12	Cc = 0.23		
P ₂ O ₅	0.24			
H ₂ O ⁻	0.30			
H ₂ O ⁺	1.28			
Co ₂	0.10			
TOTAL	99.49			

Echantillon Bo.41 : Andésite (2 km au N du village d'Oqur)

SiO ₂	49.25	Q = 8.97	p = 2	al = 25.03
Al ₂ O ₃	15.98	C = 3.22	q = 4 (5)	fm = 44.33
Fe ₂ O ₃	5.36	Or = 10.87	r = 4'	c = 20.57
Feo	4.24	Ab = 23.19	s = 4	alc = 10.04
TiO ₂	0.99	An = 17.09	h = 2 (3)	si = 130.94
CaO	7.25	Hyp = 17.05	k = 1	ti = 1.91
MgO	6.05	Mt = 7.77	i = 2	p = 0.47
Na ₂ O	2.74	Ilm = 1.88	m = 2	k = 0.30
K ₂ O	1.84	Ap = 1.07		m = 0.54
MnO	0.14	Cc = 5.71		
P ₂ O ₅	0.46			
H ₂ O ⁻	1.00			
H ₂ O ⁺	1.70			
Co ₂	2.51			
TOTAL	99.51			

Echantillon Bo.42 : Basalte (4 km au NW du village de Nayjuk)

Oxydes	% en poids	Norme	Paramètres, de C.I.P.W.	Paramètres de Niggli
SiO ₂	50.00	Q = 7.37	p = (2) 3	al = 20.03
Al ₂ O ₃	13.16	Or = 2.54	q = (4) 5	fm = 34.16
Fe ₂ O ₃	6.25	Ab = 27.16	r = 4	c = 37.11
Feo	4.50	An = 20.23	s = 3'	alc = 8.69
TiO ₂	0.90	Di = 20.41	h = 2	si = 128.88
CaO	13.38	Wo = 4.84	k = 1	ti = 1.70
MgO	3.13	Mt = 9.06	i = 3	p = 0.77
Na ₂ O	3.21	Ilm = 1.71	m = 3	k = 0.07
K ₂ O	0.43	Ap = 1.58		mg = 0.35
MnO	0.16	Cc = 1.61		
P ₂ O ₅	0.68			
H ₂ O	0.47			
H ₂ O ⁺	2.80			
Co ₂	0.71			
TOTAL	99.78			

Echantillon Bo.43 : Andésite, type magnésienne (Kuh-e-Bozorg, NW extrême du domaine étudié)

SiO ₂	55.88	Q = 8.27	p = 2	al = 33.46
Al ₂ O ₃	17.71	C = 5.49	q = (4) 5	fm = 37.30
Fe ₂ O ₃	2.33	Or = 4.37	r = 2	c = 9.42
Feo	5.07	Ab = 49.92	s = 5'	alc = 19.80
TiO ₂	0.90	An = 4.68 Hyp = 15.55	h = 2	si = 179.03
CaO	2.75	Mt = 3.38	k = 1	ti = 2.11
MgO	3.81	Ilm = 1.71	i = (1) 2	p = 0.38
Na ₂ O	5.90	Ap = 0.56	m = 3	k = 0.07
K ₂ O	0.74	Cc = 2.66		mg = 0.48
MnO	0.09			
P ₂ O ₅	0.24			
H ₂ O	0.50			
H ₂ O ⁺	3.30			
Co ₂	1.17			
TOTAL	100.39			

Echantillon Bo.44 : Rhyolite calco-alkaline (2 km au S du village de Meylaq)

Oxydes	% en poids	Norme	Paramètres de C.I.P.W.	Paramètres de Niggli
SiO_2	61.20	Q : 30.00	p = 1	al = 41.19
Al_2O_3	17.64	C = 6.25	q = (3) 4	fm = 20.47
Fe_2O_3	5.95	Or = 10.99	r = 3	c = 21.19
Feo	0.40	Ab = 27.50	s = 4	alc = 17.14
TiO_2	1.11	An = 10.98	h = 5'	si = 242.89
Cao	5.00	Di = 0.72	k = 1	ti = 3.33
Mgo	0.29	He = 5.95	i = 4	p = 0.71
Na_2O	3.25	Ilm = 0.91	m = 3'	k = 0.27
K_2O	1.86	Ru = 0.63		mg = 0.08
Mno	0.03	Ap = 1.14		
P_2O_5	0.49	Cc = 3.82		
H_2O	0.57			
H_2O^+	0.18			
CO_2	1.68			
TOTAL	99.65			

Echantillon Bo.51 : Dacite andésitique (Kuh-e-Qaravalkhaneh)

SiO_2	56.82	Q = 18.79	p = (1) 2	al = 34.07
Al_2O_3	17.21	C = 1.81	q = 4	fm = 24.59
Fe_2O_3	3.61	Or = 11.82	r = 3 (4)	c = 27.01
Feo	2.16	Ab = 26.23	s = 4	alc = 14.31
TiO_2	0.69	An = 22.19	h = 3'	si = 190.92
Cao	7.50	Di = 4.62	k = 1	ti = 1.81
Mgo	1.83	Mt = 5.23	i = 3'	p = 0.20
Na_2O	3.10	Ilm = 1.31	m = (2) 3	k = 0.29
K_2O	2.00	Ap = 0.39		mg = 0.37
Mno	0.12	Cc = 5.00		
P_2O_5	0.17			
H_2O	0.32			
H_2O^+	1.77			
CO_2	2.20			
TOTAL	99.50			

Echantillon Bo.52 : Dacite (Kuh-e-Panjeh Angosht)

Oxydes	% en poids	Norme	Paramètres de C.I.P.W.	Paramètres de Niggli
SiO ₂	50.43	Q = 12.81	p = (1) 2	al = 24.40
Al ₂ O ₃	18.23	C = 3.30	q = 4'	fm = 33.01
Fe ₂ O ₃	2.57	Or = 7.92	r = 3	c = 24.16
Feo	3.44	Ab = 27.92	s = 4	alc = 18.42
TiO ₂	0.86	An = 21.98	h = 3'	si = 230.14
CaO	10.50	Di = 7.15	k = 1.	ti = 2.87
MgO	1.55	Mt = 3.73	i = 1	p = 0.71
Na ₂ O	3.30	Ilm = 1.63	m = 3	k = 0.20
K ₂ O	1.34	Ap = 0.93		mg = 0.31
MnO	0.28	Cc = 0.98		
P ₂ O ₅	0.40			
H ₂ O	0.33			
H ₂ O ⁺	2.16			
Co ₂	4.35			
TOTAL	99.74			

a - DIFFERENTS TYPES DE LAVES (REGION D'AVAJ) D'APRES RITTMAN

Par calcul du paramètre δ pour tous les échantillons que nous avons analysés, et en tenant compte du tableau 8, les différents types de laves de cette région sont résumés dans le tableau 9. Ce paramètre est calculé par l'équation suivante :

$$\delta = \frac{(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})^2}{\text{SiO}_2 - 43}$$

Tableau 8 - LES TYPES DE MAGMAS (D'après RITTMAN)

δ - valeurs	Pourcentages en poids alcalins	Séries
<4	$\text{Na}_2\text{O} \geq \text{K}_2\text{O}$	Pacifique (calco- alcaline)
<1	-	extrême
1 - 1.8	-	forte
1 - 8.3	-	moyenne
3 - 4	-	faible
>4	$\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$	Atlantique (sodique)
4 - 5	-	transitionnelle
5 - 7	-	faible
7 - 17	-	moyenne
17 - - 6	-	forte
- 6 - 8	-	extrême
>4	$\text{Na}_2\text{O} < \text{K}_2\text{O}$	Méditerranéenne (potassique)
4 - 6	-	faible
6 - 14	-	moyenne
14 - ∞	-	forte
négative	-	extrême

D'après les valeurs du paramètre δ et la nature des laves présentes (basaltes, andésites, dacites, rhyodacites et rhyolites), on peut conclure que les vol-

canites de cette région appartiennent au type pacifique (calco-alcalin), les divers grades y sont représentés à l'exception du grade extrême.

Tableau 9 - LES TYPES DE MAGMAS DANS LA REGION D'AVAJ

Echantillon N°	Paramètre du 6	Pacifique
Bo. 38	1.46	forte
Bo. 41	3.35	faible
Bo. 42	1.89	moyenne
Bo. 43	3.42	faible
Bo. 44	1.43	forte
Bo. 51	1.88	moyenne
Bo. 52	2.27	moyenne

b - INDICE DE DIFFERENCIATION (I.D.)

Ce paramètre est calculé par les équations suivantes :

I.D. = quartz + orthose + albite + leucite + népheline normatifs.

Pour les échantillons de la région d'Avaj, on obtient les résultats indiqués par le tableau 10.

Tableau 10 = MONTRANT L'INDICE DE DIFFERENCIATION

Echantillon N°	Indice I.D.
36	56.73
37	50.21
38	24.65
41	43.03
42	37.07
43	62.26
44	68.49
51	56.94
52	48.65

On constate que la variation de I.D. s'opère très régulièrement en relation avec les variations des teneurs en oxydes. A la fin de la cristallisation les éléments acides et alcalins (Si, Al, K, Na) ont augmenté, alors que les éléments basiques (Ca, Fe, Mg) ont corrélativement diminué (fig.41). C'est le signe qu'un processus banal de différenciation magmatique est à l'origine des volcanites étudiées.

D - INTRUSIONS

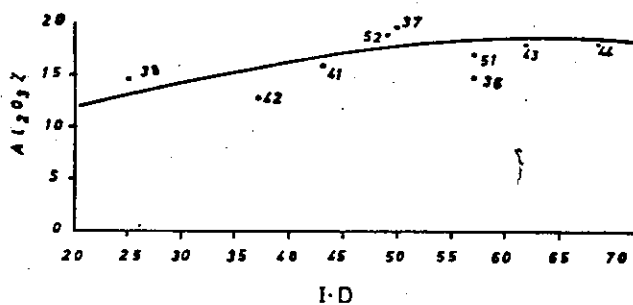
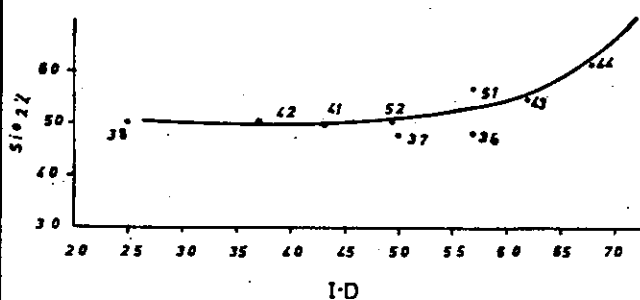
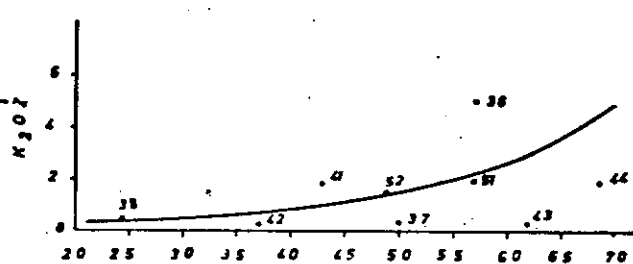
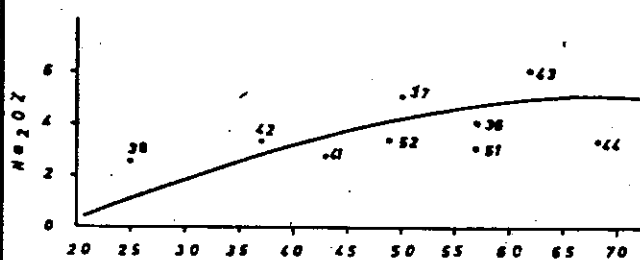
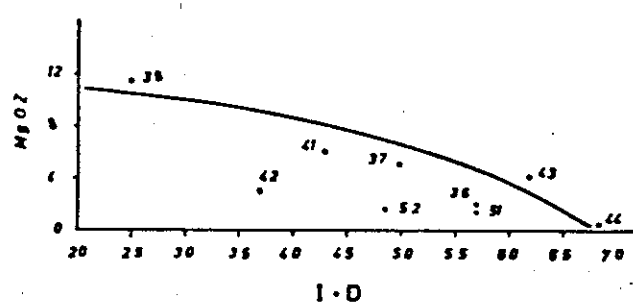
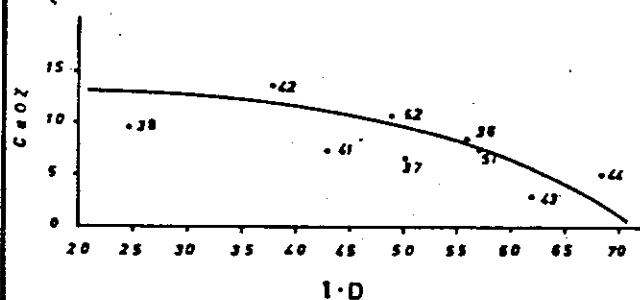
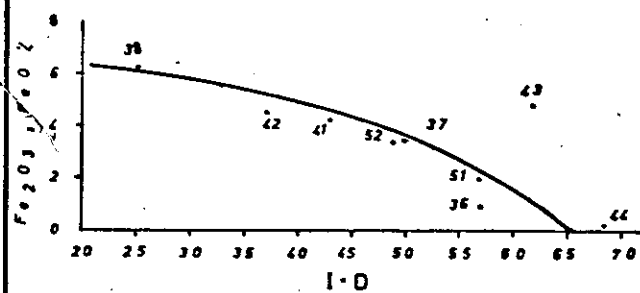
Deux phases d'intrusion peuvent être distinguées dans notre domaine ; elles sont d'âge Tertiaire.

La première phase qui correspond à la mise en place de filons et de sills de diabase picritique, recoupe les schistes métamorphisés du Trias supérieur - Jurassique dans la zone de Razan. Ces intrusions sont plissées avec les séries sédimentaires encaissantes par les phases plus récentes (Kuh-e-Pashalu, à l'Est du village de Razan). Certaines de ces intrusions recoupent aussi le Crétacé supérieur dans la zone d'Ab-e-Garm. Il est donc possible que ces intrusions puissent survenir dès le début de l'Eocène (phase laramienne).

La deuxième phase se manifeste largement dans la zone de Razan et recoupe les assises de l'Eocène et du Burdigalien. Il s'agit de granodiorites, diorites quartziques, diorites, et diabases, essentiellement dans le Kuh-e-Aq Dagh, le Kuh-e-Zaman et le Kuh-e-Qarah Qayeh à l'Ouest du village de Razan.

Fig.41

Variation de la teneur de SiO_2 ,
 Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , CaO , MgO et
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ en fonction de l'indice
 de différenciation



CHAPITRE IV

GEOLOGIE ECONOMIQUE

INTRODUCTION

Les dépôts sédimentaires et les roches volcaniques de la région d'Avaj renferment à certains niveaux des matériaux utiles de différente nature qui se répartissent en quatre catégories : les substances minérales, les évaporites, les substances combustibles et les matériaux de construction.

A. LES SUBSTANCES MINÉRALES

Des témoins assez importants de minerais métalliques et non métalliques localisés dans des fractures et des plans de failles ou dans les assises sédimentaires elles-mêmes, existent dans le Paléozoïque et le Tertiaire. Les minerais les plus importants sont le plomb, sous forme de galène, souvent accompagné de zinc, l'aluminium, sous forme de bauxite, le cuivre, le fer, la barytine, dont l'origine est hydrothermale, puis la Kaolinite, et la silice, dont l'origine est sédimentaire ou hydrothermale.

a - LE PLOMB

Un gisement de galène a été récemment découvert dans notre domaine, plus important que les autres substances minérales. Il se situe à 4 km au Nord-Ouest du village de Shakin dans la zone d'Ab-e-Garm. Il est actuellement en cours d'exploitation. La galène de ce gisement dont l'origine paraît métasomatique, est associée à des dolomies de la formation de Mila (Cambrien) et se localise préférentiellement le long de fractures. Le minerai se compose essentiellement de galène qu'accompagnent parfois du zinc, de la barytine et du fer. Ce dernier constitue un chapeau de fer sur le terrain. On ne peut pas estimer jusqu'à maintenant la réserve de ce gisement, car l'exploration n'a pas encore été suffisamment poussée.

b - ALUMINIUM, SOUS FORME DE BAUXITE

Trois horizons de bauxite peuvent être distingués dans la région étudiée :

- horizon 1 (unité 3 de la Formation de Ruteh)
- horizon 2 (unité 1 de la Formation de Nesen)
- horizon 3 (paléocimérien)

Nous avons déjà décrit ces horizons dans le chapitre stratigraphique. Ici, nous ajouterons seulement les caractères de ces bauxites qui sont économiquement intéressants.

Couleur, texture, et forme de la bauxite

Il s'agit d'une bauxite rouge à rouge foncé, parfois gris clair à verdâtre. Cette variation de couleur est le résultat du changement du pourcentage d'oxyde de fer.

Sa texture est oolithique et la dimension maximum des oolithes peut atteindre 2 mm. Les oolithes et leur matrice ont habituellement même composition. Les analyses chimiques montrent que les plus petites oolithes ont la meilleure qualité.

Le gisement des bauxites, dans le territoire étudié, est toujours monotone, constituant de nombreuses lentilles dans les roches carbonatées. Les dimensions de ces lentilles varient suivant les localités.

De nombreuses analyses radiométriques sur les échantillons montrent que le minéral principal est du diaspore, avec dans la gangue, la Kaolinite, le bertierine, le smectite, la chlorite, le pyrophyllite, le mica, l'oxyde de fer (hématite, géotite), l'oxyde de titane et le quartz.

En fait, pour connaître la valeur économique de la bauxite, nous avons déjà réalisé ses analyses chimiques, dont le résultat moyen est le suivant :

Al ₂ O ₃	43.27 %
Si O ₂	14.75 %
Fe ₂ O ₃	28.24 %
Ti O ₂	4.28 %
Na ₂ O	0.17 %
K ₂ O	0.23 %
L.O.I.	10.00 %

Formation de la bauxite

Tout d'abord, on rappellera que la région d'Avaj a été émergée plusieurs fois, en raison de mouvements épigéniques, pendant le Permien et la phase orogénique paléocimmérienne. Le résultat de ces émergences est la formation d'une surface d'érosion irrégulière qui a été colmatée par la bauxite. Cette dernière a été ensuite recouverte soit par les assises carbonatées du Permien (pour les horizons 1, 2), soit par les couches gréseuses du Lias (pour la bauxite "paléocimmérienne").

Deux hypothèses existent pour la Formation de Bauxite : l'altération des roches intrusives, spécialement les syénites ; l'autre l'altération des calcaires du mur.

Dans la région d'Avaj et les régions voisines, les roches intrusives manquent dans les séries du Paléozoïque et du Trias, ce qui pourrait indiquer que la bauxite n'est pas, ici, le résultat d'une altération des roches intrusives ; mais d'une altération des calcaires. De fait, l'épaisseur de ces derniers, en particulier pour l'horizon 1, diminue fortement de l'Est vers l'Ouest, tandis que l'assise bauxitique est de plus en plus épaisse dans cette direction.

Réserves de bauxite

La concentration principale de bauxite a été observée au Sud-Ouest du village de Beyglar, où l'horizon 1 affleure par intermittence sur 6 km de long. Cette longueur serait au moins d'un kilomètre si on l'imaginait comme une lentille continue. Son épaisseur est de 1 à 4 m (avec une moyenne de 2 m). La profondeur visible de cet horizon dans cette localité est d'environ 70 m avec une pente de 35 ° N, donc son volume pourrait être :

$$1\ 000 \times 2 \times 70 = 140\ 000\ m^3$$

En admettant une densité de 2.7 pour la bauxite, la réserve visible serait :

$$140\ 000 \times 2.7 = 378\ 000\ tonnes.$$

D'autres réserves peuvent être envisagées dans les autres affleurements : par exemple au Sud du village de Sinak (horizon 2), au Sud de celui d'Hassanabad et au Sud-Ouest de Bayglar (horizon paléocimmérien), et au Sud de Qamishlu (horizon 1), représentant au total 450 000 tonnes environ.

c - LE CUIVRE

Des indices de cuivre s'observent dans différentes localités des zones de Razan et d'Ab-e-Garm, où il semble qu'ils ne constituent pas une réserve d'intérêt économique. On en voit dans les roches volcaniques de l'Eocène et de l'Oligo-Miocène. Un gisement de cuivre a été reconnu au Nord du village de Mazraeh, où il se manifeste comme de petits filons de chalcopryrite, chalcosine, bornite et malachite, dans les andésites porphyriques et les tufs du Burdigalien (Formation de Qom). On observe d'ailleurs quelques traces d'exploitation ancienne. Un échantillon de ce gisement montre 2.64 % du cuivre. L'autre gisement se trouve au Nord-Ouest du village de Meyandarreh, où il est localisé le long de fractures dans les roches volcaniques et les tufs de l'Eocène. On voit aussi des indices de cuivre, sous forme de malachite, au Sud-Ouest du village d'Ahhmadabad accompagnés de barytine, au Sud de celui de Gavyek et finalement au Nord-Est de celui de Sinak.

d - LE FER

Deux gisements de fer ont été reconnus dans la région d'Avaj, qui économiquement ne semblent pas intéressants. Le premier, en cours d'étude, est localisé à 4 km au Nord-Ouest du village de Shakin dans la zone d'Ab-e-Garm. Il se manifeste sous forme de magnétite dans les dolomies du Cambrien (Formation de Mila), et il est accompagné de barytine, de plomb et de zinc. Ces deux derniers sont plus intéressants que le fer. Le deuxième gisement se situe au Sud du village de Gavyek presque à la limite des zones de Razan et d'Ab-e-Garm, dans les volcanites de l'Eocène. Il s'agit de pyrite partiellement transformée en jarosite à la surface.

e - LA BARYTINE

Dans notre territoire on trouve la barytine dans les fractures et les plans des failles des localités suivantes :

- à 2 km au Sud-Ouest du village d'Ahhmadabad, le plus grand filon de barytine a été jadis exploité, mais il est à l'heure actuelle abandonné en raison de son éloignement des centres industriels. Ce filon de barytine épais de 0.50 m à 10 m (4 m d'épaisseur moyenne), se suit, avec une direction SE-NW, sur une longueur de 400 m dans les volcanites de l'Eocène moyen-supérieur. En admettant au moins 10 m de profondeur pour ce filon, on peut estimer une réserve de 60 000 tonnes. Ici, la barytine est caractérisée par ses couleurs roses et blanches. Elle est partiellement accompagnée de malachite.

- à 4 km au Nord-Ouest du village de Shakin, de petits filons de barytine s'observent dans les fissures et les failles, qui traversent les dolomies du Cambrien (Formation de Mila). La barytine y est accompagnée par le plomb, le zinc et le fer.

- à 5 km au Nord-Ouest du village de Chuzeh, un filon de barytine de 0.50 m d'épaisseur se manifeste le long d'une petite faille de direction SE-NW, et se suit sur 10 m dans la même formation que celle de la formation précédente.

f - LA SILICE

Elle se manifeste avec une origine hydrothermale dans la zone de Razan et une origine sédimentaire dans la zone d'Ab-e-Garm.

- dans la première zone, la silice est dispersée en petites lentilles de quartz le long du litage des schistes peu métamorphisés du Trias supérieur - Jurassique. Elle est caractérisée par sa couleur blanche et sa pureté. La plus importante concentration de quartz a été observée à l'Ouest du village de Shurgol. Elle pourrait être économiquement intéressante.

- dans la zone d'Ab-e-Garm, les quartzites du Cambrien "Top Quartzite" constituent une grande réserve de silice. Ces quartzites qui forment un niveau repère affleurent dans les différentes localités de cette zone ; notamment au Nord-Ouest du village de Kisajin, sur une longueur de 7 km. Comme nous l'avons déjà mentionné dans le chapitre stratigraphique, l'épaisseur de cette formation varie de 40 m à 60 m. Le résultat des analyses chimiques de nombreux échantillons que nous y avons pris, montrent la composition moyenne suivante :

Si O ₂	95.9 %
Fe ₂ O ₃	00.7 %
L.O.I	3.4 %

g - LA KAOLINITE

Elle résulte de l'altération superficielle des roches volcaniques de l'Eocène moyen-supérieur. Elle est donc toujours accompagnée par des résidus de volcanite. Elle affleure dans le Kuh-e-Qarrehguney et le Kuh-e-Gowjeh yoquz. On y observe rarement de la Kaolinite pure. Les résultats d'analyses chimiques de plusieurs échantillons montrent la composition moyenne ci-dessous :

Si O ₂	67.65 %
Al ₂ O ₃	18.50 %
Fe ₂ O ₃	
Ti O ₂	1.50 %

B - LES EVAPORITES

Ces dépôts évaporitiques appartiennent à la partie inférieure de la Formation rouge supérieure (Miocène). Ils se présentent surtout comme des lentilles, et se rencontrent toujours dans la zone d'Ab-e-Garm.

a - LE GYPSE

Un amas de gypse affleure au Sud-Est du village de Dakhrajin, et un autre, moins important, à 2 km au Sud de celui de Najafabad.

Dans la première localité le gisement s'allonge sur 2 km avec une épaisseur d'environ 400 m. En admettant une profondeur d'au moins 3 m pour ce gisement, on pourrait envisager une réserve probable de cinq millions de tonnes. Dans la deuxième localité, le gypse affleure sur 1 km de long. Sa puissance est toujours constante, mais il peut atteindre 50 m. Si on imagine une profondeur de 8 m pour cette lentille, une réserve probable d'un million de tonnes pourrait être envisagée.

b - LE SEL

Il affleure seulement à 2 km à l'Est du village de Shurab, où il constitue un dôme de sel (Min de Kharagan), d'un diamètre de 800 m. Le sel pur y figure sur une longueur de 300 m, une largeur de 150 m et une puissance minimale de 50 m. En tenant compte de ces dimensions on pourrait supposer une réserve de 4 1/4 millions de tonnes.

C - LES SUBSTANCES COMBUSTIBLES

a - CHARBON

De petites lentilles de charbon, assez minces, s'observent en de rares points du domaine étudié. On les voit seulement au Sud du village de Qamishlu, où la Formation de Shemshak (Lias) affleure. Ces petites lentilles ne sont jamais pures donc économiquement inintéressantes. L'analyse chimique d'un échantillon que nous y avons pris, montre les matériaux suivants :

Cendres	86.44 %
Matières volatiles	14.52 %
Humidité	2.00 %

b - PETROLE

Il semble que la région étudiée ne soit guère intéressante à ce point de

vue, bien que la formation de Qom (Aquitanién-Burdigalien), principal réservoir de pétrole de l'Iran Central y soit bien développée. En effet on peut y distinguer deux bassins remplis par la formation de Qom susceptible de contenir du pétrole : le premier, se situe entre la chaîne d'Ab-e-Garm et celle d'Avaj méridionale ; le deuxième entre cette dernière et la chaîne de Razan. Dans ces deux bassins la Formation de Qom est couverte soit par des dépôts continentaux et évaporitiques appartenant à la Formation rouge supérieure, soit par les terrasses quaternaires.

Dans le premier bassin, les conditions paraissent à première vue favorables à la présence de pétrole car la formation de Qom, dont l'épaisseur peut atteindre 100 m est faiblement plissée et pourrait constituer un bon réservoir d'autant plus qu'elle est recouverte par des gypses et du sel de la base de la Formation rouge supérieure sus-jacente, formant un excellent cap-rock. Malheureusement, cette région est abondamment faillée et aucun indice de pétrole ni de gaz n'y est connu, de telle sorte qu'aucun espoir d'exploitation n'y est permis.

Dans le deuxième bassin il n'y a probablement aucune chance de trouver du pétrole car les conditions sont trop défavorables : absence de structure convenable et de cap-rock, présence de roches volcaniques, de roches intrusives et de tufs accompagnant les sédiments marins.

En ce qui concerne les niveaux paléozoïques et infracambriens, il a été prouvé pour la région voisine (Zanjan, Stöcklin et al 1965 et 1969) que, si les conditions sédimentologiques sont favorables (calcaires permians, dolomies et calcaires de la formation de Mila et formation de Barut), aucune structure n'est compatible avec la présence de pétrole.

Il en est de même pour les sédiments paléozoïques et infracambriens de notre territoire étudié (failles nombreuses, plissements intenses, absence de cap-rocks et d'indices superficiels).

D - LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION

a - CALCAIRES

On exploite actuellement des calcaires, comme matériaux de constructions à l'Est du village de Gonbadak, au Nord de Qaleh Abdollahkhan dans la zone d'Ab-e-Garm et sur le versant Est de Kuh-e-Qareh Lar dans la zone de Razan. Ces calcaires appartiennent toujours à la formation de Qom et sont caractérisés par leur couleur blanche, rose et jaunâtre. Parmi ces roches, les calcaires situés au Nord de Qaleh Abdollahkhan, qui montrent une stratification régulière à massive, peuvent servir d'excellentes pierres de taille et être utilisés comme matériaux ornementaux.

b - TRAVERTINS

Ils existent en petits affleurements au Nord-Ouest et à l'Est du village d'Avaj, à l'Ouest de celui d'Ab-e-Garm, et jalonnent toujours le tracé de failles. L'épaisseur maximale de ces couches peut atteindre quelques mètres. On les exploite localement pour la construction régionale.

CHAPITRE V

TECTONIQUE

INTRODUCTION

Le schéma structurel de fig.42, replace la région étudiée dans un cadre plus large, dans lequel apparaissent, du Nord au Sud, les grandes unités suivantes, toutes d'orientation NW - SE (N-140) :

- A - le bout Sud de la chaîne de l'Alborz (ou Zone de Tarom)
- B - la zone d'Ab-e-Garm (dépendant de la zone de l'Iran Central)
- C - la zone de Razan (dépendant de la zone de Sanandaj-Sirjan)

Rappelons d'abord les caractères structuraux essentiels de ces trois domaines :

LA ZONE DE TAROM (ALBORZ)

C'est le rebord méridional de l'Alborz, limité au Sud par une faille longitudinale cachée par les alluvions.

Le socle précambrien y apparaît, recouvert en discordance (phase baikalienne), par le paléozoïque (Dévonien supérieur - Carbonifère inférieur). Toute la série sus-jacente (paléozoïque et mésozoïque) est coupée de nombreuses discordances qui traduisent des mouvements épirogéniques. La série marine se termine par les tufs et volcanites de l'Eocène, discordants sur le Crétacé inférieur (phase laramienne).

LA ZONE D'AB-E-GARM (IRAN CENTRAL)

Cette zone, dont nous avons déjà décrit les caractères au début de cet ouvrage, se situe au Sud de la chaîne précédente. Les assises les plus anciennes sont les schistes du Précambrien (Formation de Kahar). Ils sont recouverts par une couverture qui comprend l'infracambrien et un paléozoïque peu épais, puis les couches plus épaisses du Mésozoïque et du Tertiaire. L'Eocène correspond à une période d'activité volcanique.

LA ZONE DE RAZAN (SANANDAJ - SIRJAN)

Elle constitue la partie Sud du domaine étudié. Ce sont les schistes du Trias supérieur - Jurassique qui forment les couches les plus anciennes à l'affleurement. Ces schistes, faiblement métamorphisés, sont suivis par les sédiments du Crétacé inférieur, peu métamorphisés. La série se continue par un Eocène peu épais, spécialement vers le Sud, et par un Oligo-Miocène plus épais.

A - HISTOIRE TECTONIQUE

Nous avons déjà souligné, dans le premier chapitre consacré à l'histoire stratigraphique, que la région d'Avaj avait eu une évolution paléogéographique complexe au cours de laquelle elle avait connu plusieurs périodes d'émersion et d'érosion et avait été soumise à des déformations structurales d'âge différent. La structure actuelle de la région résulte donc des effets superposés d'orogénèses et épirogénèses successives, qui se sont poursuivis avec plus ou moins d'intensité jusqu'à la fin du Tertiaire ou même jusqu'au Quaternaire.

Avant de donner la description tectonique de notre territoire, nous rappellerons les grandes phases de son évolution orogénique et épirogénique et nous essaierons de montrer, par la description de quelques exemples, l'importance des déformations actuelles.

Les plus importants mouvements tectoniques (orogénique et épirogénique), qui peuvent être distingués dans notre domaine sont les suivants (voir tableau 11 et fig.42) :

a - PHASE OROGENIQUE DU PRECAMBRIEN TARDIF (ASSYNTIQUE OU BAIKALIENNE)

La plupart des assises du Précambrien d'Iran ont été plissées, métamorphisées, granitisées et soulevées par cette phase orogénique, puis recouvertes par des sédiments de plateforme de l'Infracambrien au Trias moyen (voir fig.42).

Cette phase est caractérisée par la discordance des terrains dévoniens - carbonifères sur les roches métamorphiques du Précambrien dans la zone de Tarom (Alborz) ; tandis qu'elle est représentée par la faible discordance des formations de l'Infracambrien (Formation de Bayandor, ou Soltanieh) sur les roches non métamorphiques du Précambrien (Formation de Kahar) dans la zone d'Ab-e-Garm et plus précisément dans la chaîne de Soltanieh.

Ces couches profondes n'affleurent pas dans la zone de Razan ni dans la plus grande partie de la zone de Sanandaj - Sirjan.

Cette phase est aussi caractérisée par l'intrusion des granites de Doran (voir fig.42).

b - PHASE EPIROGENIQUE CAMBRIENNE

On observe quelques traces de mouvement entre la partie gréseuse de la formation de Lalun (Cambrien inférieur) et le "Top Quartzite" indiquant une petite interruption de la sédimentation (voir ch.stratigraphie). Les effets de ces mouvements n'ont été observés que dans la zone d'Ab-e-Garm.

c - PHASE EPIROGENIQUE POST-CAMBRIENNE - ANTE CARBONIFERE

Dans la zone d'Ab-e-Garm, cette phase est caractérisée par une lacune à la base du Carbonifère inférieur (Formation de Sinak), correspondant à l'absence des sédiments de l'Ordovicien, du Silurien et du Dévonien. Les dépôts du Carbonifère inférieur affleurent au Sud de la faille d'Hassanabad (sous-zone Sud), tandis qu'aucun de ces sédiments n'affleure au Nord, ni dans la sous-zone Nord de la région étudiée, ni dans la chaîne de Soltanieh. Cela indique que l'accident d'Hassanabad est une faille

ancienne qui a fonctionné soit pendant la sédimentation du Carbonifère, où elle aurait joué un rôle important dans la répartition des faciès de cette période, soit après le dépôt des sédiments carbonifères ce qui aurait entraîné une érosion plus active et plus complète au Nord qu'au Sud de cette faille.

d - PHASE EPIROGENIQUE ANTE-PERMIENNE (HERCYNIENNE)

Les mouvements hercyniens constituent la phase épirogénique la plus importante du paléozoïque en Iran, et entraînent la transgression du Permien sur les formations plus anciennes. Les effets de ces mouvements sont marqués par une lacune du Carbonifère moyen et supérieur dans la zone d'Ab-e-Garm. Cette lacune ne s'observe pas dans la zone de Razan.

e - PHASE EPIROGENIQUE ANTE-TRIASIQUE (PALATINE)

Ces mouvements épirogéniques ont été observés seulement dans la zone d'Ab-e-Garm. Ils sont caractérisés par la présence d'un horizon latéritique à la base du Trias (Formation d'Elikah). Dans cette zone, les dépôts du Guadalupien supérieur et du Julfien manquent au Nord de la faille d'Hassanabad (sous-zone Nord et chaîne de Soltanieh) ; tandis qu'ils sont bien développés au Sud de cet accident (sous zone Sud). Il semble que cette variation est due à la réactivation de l'accident d'Hassanabad. Pendant cette période, la sous-zone Nord était soulevée et subissait une érosion plus forte que la sous-zone Sud. On observe aussi deux horizons de bauxites dans les assises du Permien indiquant encore deux phases épirogéniques moins importants que celle de la période anté-triasique. La première est du Guadalupien (dans la formation de Ruteh) et la deuxième de la limite Guadalupien - Julfien (entre la formation de Ruteh et celle de Nesen).

f - LES MOUVEMENTS FINI-TRIASIQUES OU ANTE-LIASIQUES (PHASE PALEOCIM-MERIENNE)

Les premiers mouvements du Mésozoïque se sont produits à la fin du Trias moyen et étaient plus importants que les mouvements épirogéniques du paléozoïque. Ils n'ont cependant pas produit de véritables structures plissées, mais ont été accompagnés localement par un volcanisme basaltique dans la chaîne de l'Alborz. Le résultat de ces mouvements a été une émergence à l'échelle régionale et une érosion caractérisée par un changement des faciès marins en faciès continentaux, dans l'Alborz et l'Azerbeïdjan.

Les couches continentales du Rhétien et du Lias reposent en discordance sur une surface d'érosion entaillant diverses formations paléozoïques et jusqu'aux formations métamorphiques précambriennes.

Dans la zone d'Ab-e-Garm, la formation de Shemshak (Lias) repose en faible discordance angulaire sur le Trias inférieur - moyen (Formation d'Elikah), et la surface correspondante est marquée par un horizon de bauxite. Cette discordance s'observe bien à l'Ouest du village de Beyglar. Les assises du Trias n'affleurent pas au Nord de la faille d'Hassanabad, ni dans la région d'Avaj (sous-zone Nord), ni dans la chaîne de Soltanieh, tandis qu'elles sont bien développées au Sud de cette faille (sous-zone Sud). Cela indique une nouvelle réactivation de l'accident d'Hassanabad. L'absence de sédiments du Trias au Nord de la faille pourrait être due, soit au soulèvement avant dépôt, soit à l'érosion après celui-ci.

Dans la zone de Razan, on n'a pas pu observer de discordance correspondant

à la phase paléocimmérienne, mais la présence de la série schisteuse du Trias supérieur qui passe en continuité au Jurassique, indique que cette phase était plus précoce dans cette zone que la zone d'Ab-e-Garm.

Il semble que les différenciations principales entre les zones de Razan (Sanandaj - Sirjan) et d'Ab-e-Garm (Iran Central) qui sont séparés par l'accident d'Avaj ont commencé au moins pendant la phase paléocimmérienne.

g - PHASE ANTE-BARREMIENNE OU APTIENNE (NEOCIMMERIENNE OU NEVADIENNE)

Dans tout le domaine étudié une émergence régionale est indiquée pour la période pré-barrémienne ou pré-aptienne par la présence d'une lacune sédimentaire correspondant à cet intervalle. Ces mouvements se sont traduits par une discordance angulaire entre les terrains du Crétacé inférieur et le substratum plissé, ainsi que par la présence, entre les deux, d'un conglomérat de transgression.

Dans la zone d'Ab-e-Garm, cette transgression a commencé au début du Barrémien et la discordance s'observe en plusieurs endroits de la chaîne d'Ab-e-Garm, par exemple au Nord-Est du village de Lak (voir photo 1 planche 4). Cette phase s'accompagne de volcanisme à l'Aptien.

Dans la zone de Razan, où l'on voit une discordance cartographique entre le Crétacé inférieur et la série schisteuse du Trias supérieur - Jurassique, la transgression a commencé seulement au début de l'Aptien.

h - PHASE EPIROGENIQUE DU CRETACE MOYEN (AUSTRIENNE)

Cette phase épirogénique est bien développée dans la zone d'Ab-e-Garm (Iran Central), tandis qu'elle ne s'observe pas dans la zone de Razan. Dans la première ces mouvements sont caractérisés par la lacune de l'Albien, et par la présence d'un conglomérat calcaireux et glauconieux à la base du Cénomani.

i - PHASE OROGENIQUE ANTE-EOCENE (LARAMIENNE)

A la fin du Crétacé supérieur et au début de l'Eocène, des mouvements orogéniques résultant de la phase laramienne ont affecté la région étudiée et se sont traduits par une discordance angulaire entre les couches de l'Eocène et les formations plus anciennes (voir fig.28 et 29). Dans la zone de Razan cette phase est caractérisée par un métamorphisme régional et syntectonique.

Ces mouvements sont suivis par un volcanisme sous-marin éocène andésitique qui recouvre de vastes surfaces dans tout l'Iran Central. On l'observe notamment dans la zone d'Ab-e-Garm. Mais dans la zone de Razan et plus précisément au Sud de cette zone l'activité volcanique devient moins importante.

La faille d'Avaj a certainement joué un rôle important dans cette activité volcanique, car elle est jalonnée de produits éruptifs (dans le Kuh-e-Gowjeh yoqquz, Kuh-e-Qaraqash et Kuh-e-Qareh Torpaq).

La disposition générale de la région étudiée devient plus claire au Crétacé supérieur - paléocène. Les dépôts du Crétacé ont une puissance considérable dans la zone d'Ab-e-Garm, par contre ils sont moins développés dans la zone de Razan, où le Crétacé supérieur manque même complètement, ce qui indique une longue période d'érosion ou de non-dépôt.

j - PHASE OROGENIQUE ANTE-OLIGO-MIOCENE

Dans la région d'Avaj ainsi que dans l'Iran Central, les faciès marins peu profonds de la formation de Qom recouvrent transgressivement la Formation rouge inférieure, l'Eocène et même des formations plus anciennes, ce qui traduit des mouvements orogéniques importants antérieurs à l'Oligocène terminal - Miocène. En outre la discordance anté Qom est bien observable partout dans le territoire étudié. Dans les domaines les plus élevés cette transgression ne débute qu'à l'Aquitaniien ou parfois au Burdigalien.

Dans le secteur étudié ici, les mouvements pré-aquitaniens sont suivis par une activité volcanique, qui se manifeste dans le Kuh-e-Aran et notamment le long d'une branche de la faille d'Avaj au Kuh-e-Panjeh Angosht, Kuh-e-Qaravolkhaneh et Kuh-e-Boland ; ainsi que par l'intrusion de corps de diorite, dans la zone de Razan seulement.

Après cette phase, la disposition générale de la région d'Avaj devient de plus en plus proche de sa morphologie actuelle. Les dépôts oligo-miocènes s'accumulent en effet dans un bassin situé entre deux zones hautes, celle d'Avaj Ouest de la chaîne d'Avaj méridionale) au Sud, et celle d'Ab-e-Garm (correspondant à la chaîne d'Ab-e-Garm) au Nord. On peut observer un autre bassin au Sud de la zone de Razan dans lequel s'accumulaient également des sédiments très épais à cette période.

k - LES MOUVEMENTS PLIO-PLEISTOCENES

Les mouvements de plissement les plus récents ont eu lieu à l'époque plio-pléistocène et intéressèrent simultanément les montagnes et les bassins dans la région étudiée ainsi que la plupart de l'Iran. Les épandages de conglomérats plio-pléistocène en bordure des reliefs et qui passent progressivement à des dépôts plus fins vers le centre des bassins, montrent que l'individualisation de ces bassins et de ces reliefs créés en Iran Central par les premiers mouvements, a été accentuée par cette phase tectonique tardive.

1 - PHASE ANTE-QUATERNAIRE ANCIEN (WALLACHIENNE)

Les sédiments du pliocène sont faiblement plissés par les mouvements orogéniques de cette phase, et recouverts en discordance par les dépôts quaternaires.

Pendant ces mouvements, les failles longitudinales et notamment l'accident d'Avaj, rejouent. Pour cette raison, les roches volcaniques et les tufs de l'Eocène, ainsi que les séries schisteuses du Trias supérieur-Jurassique, sont chevauchés par les dépôts du Miocène (Formation rouge supérieure) en divers endroits (au Sud du village d'Ahhmadabad et au Sud-Ouest de celui d'Avaj).

Une faible activité volcanique de chimisme basaltique se produit à cette époque en liaison avec ces mouvements.

Tableau 11 - TABLEAU RECAPITULATIF DES MOUVEMENTS OROGENIQUES ET EPIROGENIQUES DANS
LA REGION D'AVAJ

	Anté Quaternaire (orogénie wallachienne) : discordance régionale sur les formations plus anciennes
	Plio-Pléistocène (orogénie) Plissement régional
Les mouvements	Anté-Oligo-Miocène (orogénie : Pyrénéenne) : discordance régionale sur l'Eocène - Oligocène
ALPINS	Anté Eocène (orogénie : Laramienne) : discordance régionale à la base de l'Eocène ou du paléocène
	Crétacé moyen (épirogénie : Austrien ?) interruption de sédimentation
	Anté-Barrémien ou anté Aptien (mouvements Néocimmériens ou Névaldiens) discordance sur le Jurassique supérieur
Les mouvements	Anté-Trias supérieur ou Lias (épirogénie : paléocimmérienne) faible discordance à la base du Trias supérieur ou Lias
MESOZOIQUES	
PRECOCES	Anté-Trias (épirogénie) : interruption de sédimentation
	Anté-Permien (épirogénie : Hercynien) : interruption de sédimentation, transgression avec conglomérats à la base du Permien
Les mouvements	Post-Cambrien-Anté-Carbonifère (épirogénie) : interruption de sédimentation, transgression
du	
PRECAMBRIEN TARDIF	Cambrien moyen (épirogénie) : petite interruption de sédimentation
et	
du PALEOZOIQUE	Précambrien tardif (orogénie : Assyntique ou Baikaliennne) : discordance à la base des sédiments de l'Infracambrien.

B - LES UNITES STRUCTURALES DE LA REGION D'AVAJ

Sept unités tectoniques majeures peuvent être distinguées dans la région étudiée, qui correspondent, d'une manière générale, aux unités géographiques actuelles. Ce sont successivement du Nord au Sud (fig.43) :

1. La dépression de Zeyakand
2. La chaîne d'Ab-e-Garm
3. La dépression d'Ab-e-Garm
4. La chaîne d'Avaj septentrionale
5. La chaîne d'Avaj méridionale
6. La dépression de Manian
7. La chaîne de Razan

a - LA DEPRESSION DE ZEYAKAND

Cette dépression se situe à l'extrême Nord-Est du domaine étudié, et sépare la chaîne d'Ab-e-Garm de la montagne Talesh (voir carte tectonique fig.42). La direction de cette dépression est NW - SE, et son altitude maximale est d'environ 1 550 m.

b - LA CHAINE D'AB-E-GARM

Cette chaîne, dont l'orientation est NW - SE, est séparée en deux parties longitudinales par l'accident d'Hassanabad qui se présente comme une faille majeure. Il s'y ajoute un grand nombre de petites failles transversales de direction variée qui dessinent un réseau compliqué. Nous en reparlerons plus loin.

La fracturation commande l'architecture de cette chaîne. Il y a bien quelques plis, mais ils sont peu développés, fortement asymétriques, et bien souvent il ne s'agit que de plis d'entraînement ou de flexures. Les blocs délimités par ces failles sont en général basculés, avec pendage Sud-Ouest.

c - LA DEPRESSION D'AB-E-GARM

Cette dépression se situe au Sud de la chaîne précédente avec une altitude maximale qui atteint 2 250 m. Sa direction générale est d'environ N 110 E.

Il semble qu'elle est séparée de la chaîne précédente par une faille longitudinale récente, dont quelques traces s'observent sur le terrain (voir cartes géol. et tectonique fig.42).

d - LA CHAINE D'AVAJ SEPTENTRIONALE

Elle est localisée au Nord du village d'Avaj et séparée de la zone de Razan par l'accident d'Avaj. A la différence de la chaîne d'Ab-e-Garm, les assises de cette chaîne (surtout celles de l'Oligo-Miocène) sont plus plissées que faillées. Les failles sont toujours longitudinales avec une orientation presque N 140 E (NW - SE).

Comme dans le reste du territoire étudié, on observe un net contraste entre le style en plis simples du Tertiaire (notamment les formations post-Eocène) et la

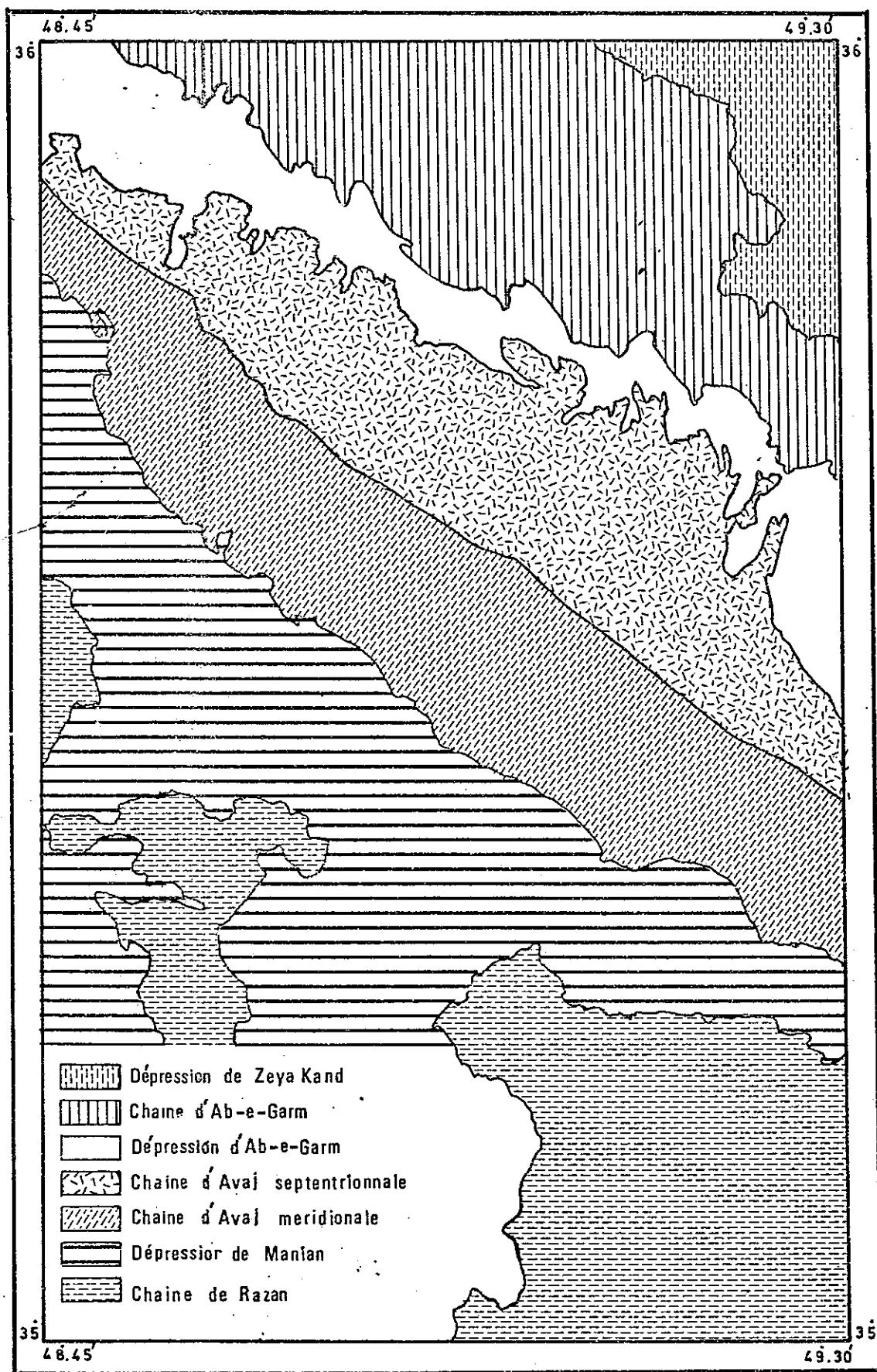


Fig.43 - Les unités structurales de la région d'Avaj

tectonisation beaucoup plus intense des terrains pré-tertiaires qui affleurent localement. De bons exemples de structures superficielles, tranquilles, sont les grands anticlinaux de Kuh-e-Aran et du Kuh-e-Eman Zadeh - ainsi que le synclinal de Zarin Darreh.

e - LA CHAÎNE D'AVAJ MÉRIDIONALE

Cette chaîne qui a également une orientation NW - SE est située au Sud de l'accident d'Avaj. Elle montre un fort plissement et une intense fracturation longitudinale. Comme précédemment les formations pré-tertiaires sont plus fortement tectonisées que les formations tertiaires. Peut-être la fracturation est-elle d'origine ancienne, ce qui explique l'importance de l'activité volcanique éocène et oligo-miocène.

f - LA DÉPRESSION DE MANIAN

C'est la plus large dépression quaternaire de la région étudiée. Située au Sud de la chaîne précédente avec une orientation générale NW - SE et une altitude maximale d'environ 2 000 m. Cette dépression continue vers le Sud et contourne partiellement la chaîne de Razan.

g - LA CHAÎNE DE RAZAN

Elle constitue plusieurs montagnes dispersées au Sud de notre domaine. Rappelons qu'elle est formée des mêmes terrains que la chaîne d'Avaj méridionale. Mais on n'y voit jamais de manifestations volcaniques ni à l'Eocène, ni à l'Oligo-Miocène. Par contre on observe l'intrusion d'un corps dioritique post-burdigalien ou plus tardif à l'Ouest du village de Razan (Kuh-e-Qarah Qayeh et Agh Dagh). Les plis l'emportent sur les failles. Tous ces accidents ont une direction générale environ N 110 E.

C - LES PRINCIPAUX TRAITS STRUCTURAUX

La région d'Avaj présente une structure complexe dont se dégagent quelques traits et ensembles structuraux majeurs, qui apparaissent nettement à l'examen de la carte géologique et plus précisément des 10 coupes structurales de la fig.44. Ce sont des failles, des chevauchements et des plissements.

a - LES FAILLES

Les failles majeures et importantes de cette région, peuvent être groupées en trois ensembles principaux : les failles longitudinales, les failles transversales, les failles chevauchantes.

1. Les failles longitudinales

Ce sont les plus importantes. Leur intérêt vient de ce que leur origine est ancienne, et que leur jeu a ainsi pu présider à plusieurs reprises à une certaine répartition des faciès et des épaisseurs des séries. Les plus importantes sont les failles d'Hassanabad et d'Avaj (fig.45).

1.1. Faïlle d'Hassanabad

Cet accident, de direction NW - SE, se suit sur environ 60 km au Nord de la Zone d'Ab-e-Garm qu'il divise en deux sous-zones, Nord et Sud (voir fig.2 et 45). Cette faille continue vers l'Est sur environ 75 km sous le nom de "Faïlle d'Ipak" (voir fig.42), Berberian (1971). Tandis que vers le Nord-Ouest son prolongement éventuel est marqué par les terrains quaternaires. Cartographiquement, cet accident est un décrochement sénestre affectant les couvertures mésozoïque et tertiaire du massif d'Avaj, mais l'étude des formations primaires et du Trias représentés dans les deux sous-zones qu'il sépare, montre qu'il a joué du Carbonifère inférieur au Trias inclus, déterminant durant cette période la répartition des zones émergées et immergées. Cette faille, qui est presque parallèle aux axes de plis principaux, recoupe les failles transversales, à cause de ses réactivations successives, encore actuelles.

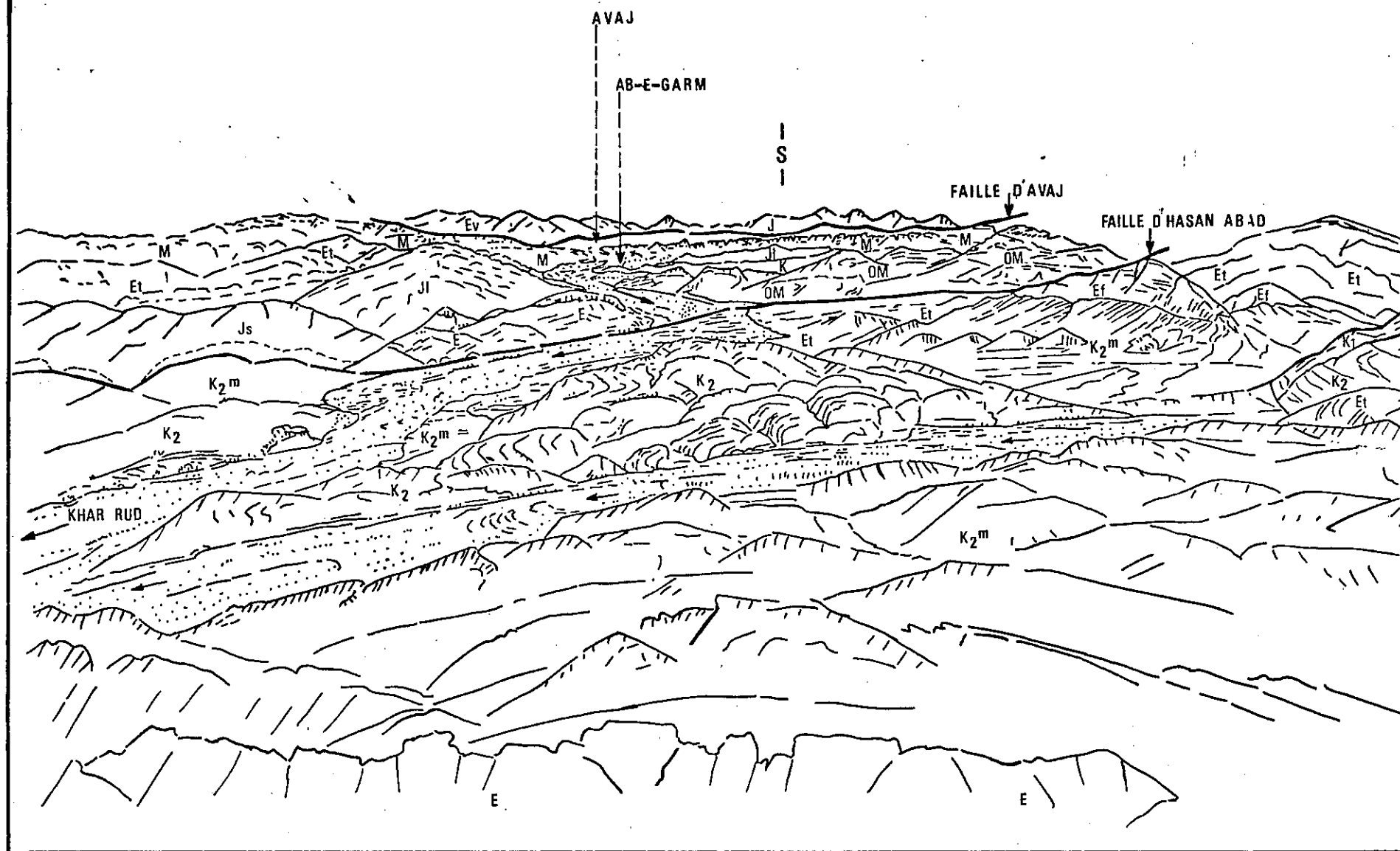
Réactivation de la faille d'Hassanabad

Au cours de l'Infracambrien et du Cambrien, les conditions de sédimentation ont été à peu près les mêmes dans les deux sous-zones situées au Nord de notre territoire. La faille ne fonctionnait donc pas. C'est à partir du Carbonifère que son jeu devient évident.

En effet il existe du Carbonifère inférieur dans la sous-zone Sud, tandis que ces dépôts sont complètement absents dans la sous-zone Nord ainsi que dans la chaîne de Soltanieh (Zanjan).

De même, au Permien, le Guadalupien supérieur et le Julfien manquent également au Nord, tandis qu'ils apparaissent au Sud de la faille. Il est probable qu'après le Permien et vraisemblablement pendant les mouvements paléocimmériens, la lèvre Nord de cet accident était soulevée et subissait une érosion plus forte qu'au Sud.

Fig. 45



Les sédiments du Trias ne se voient jamais dans la sous-zone Nord ainsi que dans la chaîne Soltanieh. Par contre les dépôts carbonatés de cette période sont bien développés dans la sous-zone Sud.

A partir du Lias, le rôle paléogéographique de la faille d'Hassanabad prend fin et les domaines jusqu'ici différents des sous-zones Nord et Sud et ne peuvent plus être distingués car les sédiments du Jurassique et du Tertiaire y présentent des épaisseurs et des faciès identiques. Cet accident a toutefois joué tectoniquement à partir du Tertiaire jusqu'à une époque très récente car il affecte les assises de l'Eocène, du Néogène et du Quaternaire. L'épicentre du tremblement de terre de Buin Zahra (Qazvin) du 1 septembre 1962 est situé sur la faille d'Hassanabad et son prolongement Est ("Faille active d'Ipak" de J.S. Tchalenko et al, 1974).

L'analyse structurale des joints (joints de tensions et joints indifférenciés) qui ont été mesurés le long de cet accident est résumée dans les fig. 46 et 47. Les projections stéréographiques ne sont pas interprétables avec netteté, en raison de la dispersion des pôles.

La comparaison des projections des joints de tension indique qu'il y a deux ensembles de ces joints qui sont bien développés le long de l'accident d'Hassanabad, sur lesquels on observe quelques dispersions et rotations de la direction (voir fig.46 can vas 1-5) :

- ensemble A de direction N 40 E
- ensemble B de direction N 120 E

La comparaison des regroupements majeurs de joints de tensions le long de cette faille et de sa continuation vers l'Est (Faille d'Ipak) montre que les ensembles A et B qui apparaissent ici, sont identiques à ceux de la faille d'Ipak (voir Berberian 1971).

L'analyse des joints indifférenciés est regroupée également sur la fig.47 (Canevas 1-5).

1.2 Faille d'Avaj

Traversant la région étudiée sur près de 75 km suivant une direction SE-NW, la faille d'Avaj en est la structure la plus marquante. Cet accident qui se présente actuellement sous la forme d'une faille inverse fortement pentée vers le Sud-Ouest, sépare deux domaines très différents : la zone d'Ab-e-Garm au Nord-Est qui fait partie de la zone structurale de l'"Iran Central" et la zone de Razan au Sud-Ouest appartenant à la zone "Sanandaj - Sirjan" (voir fig.2).

En dehors des mouvements, encore actuels, affectant la couverture tertiaire de la région d'Avaj, la répartition des faciès du Secondaire montre que cette faille se situe sur une zone particulièrement instable du Trias supérieur à l'Eocène. Plus au Sud, en dehors de la région étudiée, l'existence de faciès différents du Paléozoïque de part et d'autre de cette structure, indique que son origine remonte au moins au début de Primaire. Cette zone a non seulement contrôlé la répartition des faciès dans les régions qu'elle sépare, mais a également joué activement durant tous les mouvements orogéniques. Nous allons voir rapidement le rôle de cette structure dans la paléogéographie de la région étudiée.

Durant l'Infracambrien et le paléozoïque, les conditions de sédimentation semblent plus ou moins analogues dans les deux zones.

La phase paléocimmérienne provoque un métamorphisme et des plissements dans

la zone de Sanandaj - Sirjan (Berberian 1973), mais il ne reste pas de témoins de ce Paléozoïque métamorphisé dans la zone de Razan, par contre les dépôts paléozoïques de la zone d'Ab-e-Garm comme dans le reste de l'Iran Central, n'ont pas été touchés par le métamorphisme.

A partir du Trias supérieur, la faille d'Avaj sépare deux zones bien différentes :

Tandis qu'au Sud une sédimentation marine du Trias supérieur au Jurassique aboutit à une série schisteuse de 4 000 m d'épaisseur, les dépôts de la zone d'Ab-e-Garm, au Nord, ne débutent qu'au Lias avec une série continentale et marine peu profonde, se terminant par des dépôts évaporitiques au Jurassique supérieur. Cette série plus réduite atteint 1 100 m d'épaisseur.

Ces conditions de sédimentation s'inversent par la suite : en effet si une certaine partie du Jurassique supérieur, le Néocomien et peut être le Barrémien manquent dans la zone de Razan, seul le Néocomien n'est pas représenté au Nord. Aussi ne trouve-t-on au-dessus du Jurassique de la zone de Razan, que les calcaires et schistes de l'Aptien et l'Albien (800 m d'épaisseur). Le Crétacé supérieur y est absent. Par contre dans la zone d'Ab-e-Garm, la transgression du Crétacé débute au Barrémien et se poursuit à l'Aptien par des calcaires et des marnes de 300 m de puissance, accompagnées d'une importante activité volcanique. L'Albien manque ici, mais le Crétacé supérieur est représenté par des calcaires marneux de 1 000 m d'épaisseur.

Lors de la phase laramienne, un intense plissement accompagné d'un faible métamorphisme, affecte les sédiments de la zone de Razan.

Immédiatement après cette phase tectonique, le jeu en extension de l'accident d'Avaj permet un important volcanisme. En effet l'observation de la carte géologique de la région montre que les volcanites éocènes se localisent le long de cette structure et sont donc en relation étroite avec elle.

De même, lors de la phase pyrénéenne, postérieure à ce volcanisme, il y a réactivation de cet accident, suivie d'un volcanisme oligo-miocène qui se développe le long d'une branche de cette faille.

Cet accident a joué durant les mouvements plus récents. Ainsi, par endroits, les volcanites de l'Eocène et la série Trias supérieur - Jurassique métamorphisée chevauchent vers le Nord la Formation rouge supérieure du Miocène.

L'analyse structurale des joints le long de la faille d'Avaj est donnée par les figures 46 et 47. Les projections stéréographiques ne sont pas interprétables à cause de la dispersion des pôles.

2. Les failles transversales

Elles constituent un ensemble mineur par rapport à l'ensemble des failles longitudinales. Généralement, ces failles sont plus courtes et recoupent toutes les directions structurales, avec des orientations et des mouvements différents. Ce sont souvent des décrochements, senestres ou dextres. Les directions majeures sont NE-SW et S-SW. Cependant ce sont les accidents longitudinaux qui ont joué les derniers en recoupant les précédents.

La carte géologique de la région étudiée montre que ces accidents affectent les formations anté-tertiaires et ceci, particulièrement dans la zone d'Ab-e-Garm. Un grand nombre de failles conjuguées ont été observées dans cet ensemble. La direction moyenne des bissectrices des angles aigus de ce réseau conjugué est d'environ N 40 E.

Fig.46

Projection stereographique des Joints de tension le long des failles

d'Avaj et d'Hassan-Abad

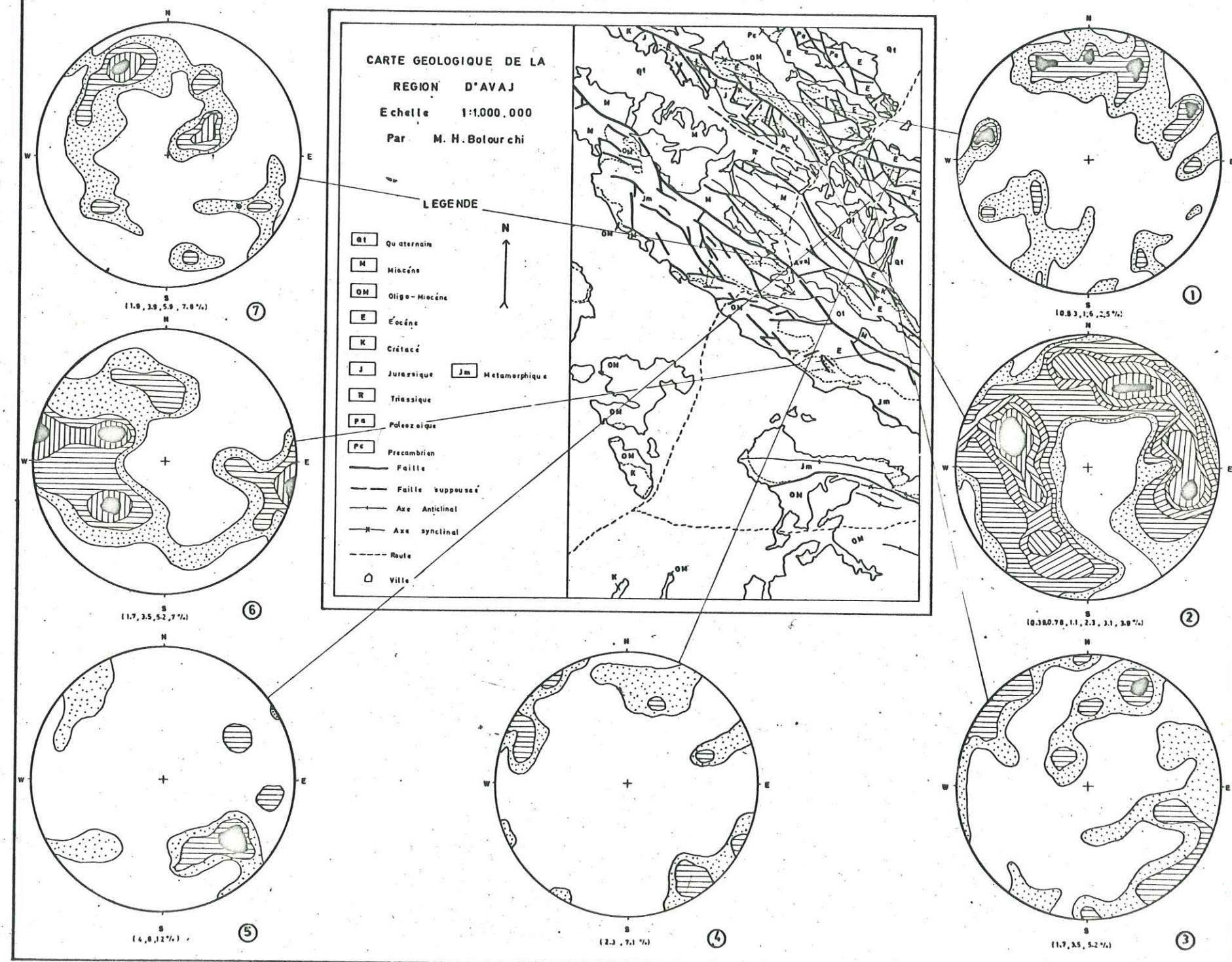
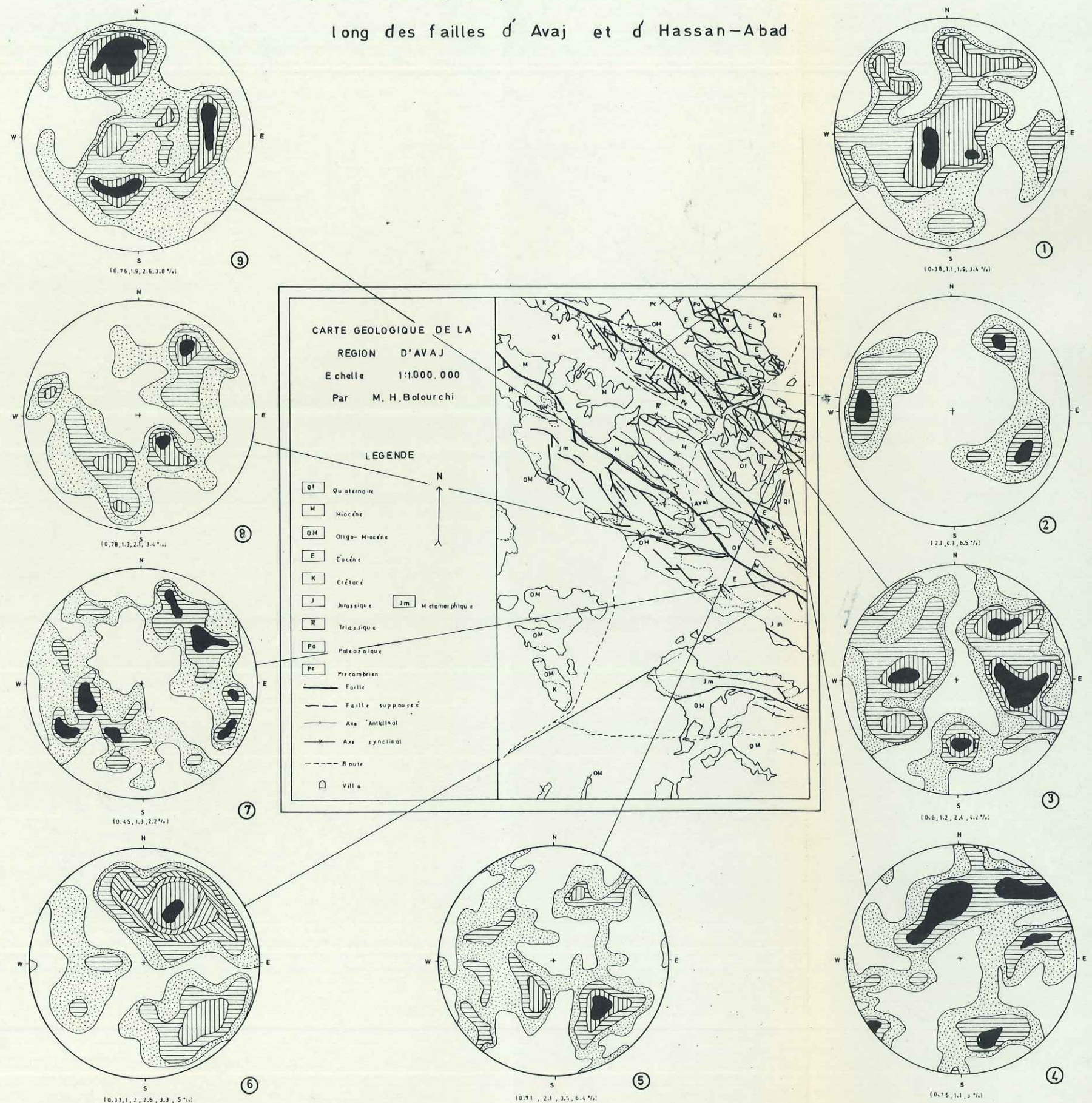


Fig.47

Projection stereographique des Joints indifférenciés le
long des failles d'Avaj et d'Hassan-Abad



Toutes les mesures sont reportees sur l'hemisphere superieure

3. Les failles chevauchantes

Elles constituent un ensemble moins fréquent que les précédents. La direction de ces failles est toujours NW - SE. Cette direction est celle des failles longitudinales et des structures principales du territoire étudié. Les deux plus importantes de ces failles chevauchantes sont d'une part certains tronçons de l'accident d'Avaj et d'autre part le chevauchement de Qaraqurqan. Au niveau de ce dernier la formation de Lar (Jurassique supérieur) chevauche vers le Sud la formation de Karaj d'âge Eocène (photo 4, planche 5). Les secteurs chevauchants de la faille d'Avaj, s'observent d'une part au Sud du village d'Ahhmadabad où des volcanites éocènes chevauchent vers le Nord la Formation rouge supérieure d'âge Miocène et d'autre part, plus à l'Ouest, où les schistes du Trias supérieur - Jurassique chevauchent, toujours vers le Nord, la même formation miocène.

Ces failles chevauchantes sont toujours des accidents jeunes qui recoupent les autres. Il semble que la direction de la compression déterminant ces chevauchements est NE - SW.

b - LES PLIS

L'examen des coupes de la fig.43, permet les conclusions suivantes :

- la direction générale des plis est N 140 E, comme celle du Zagros, ce qui correspond à une compression SW - NE, confirmé par l'étude des chevauchements.
- les formations primaires et secondaires sont toujours plus fortement plissées que les formations tertiaires, ce qui implique la superposition de plusieurs phases successives.

Les terrains d'âge précambrien (Formation de Kahar) affectés par l'orogénèse assyntique n'affleurent pas suffisamment pour permettre une analyse structurale.

Les dépôts postérieurs allant de l'Infracambrien jusqu'à l'Oligo-Miocène ont été affectés par trois phases de plissement : Laramienne, Oligo-Miocène, et plio-pleistocène.

Ces trois mouvements tectoniques d'intensité différente ont affecté les terrains suivant des directions de plissements parallèles.

Par contre, la phase Névadienne, bien soulignée par une discordance, ne semble pas avoir provoquée de plissement net.

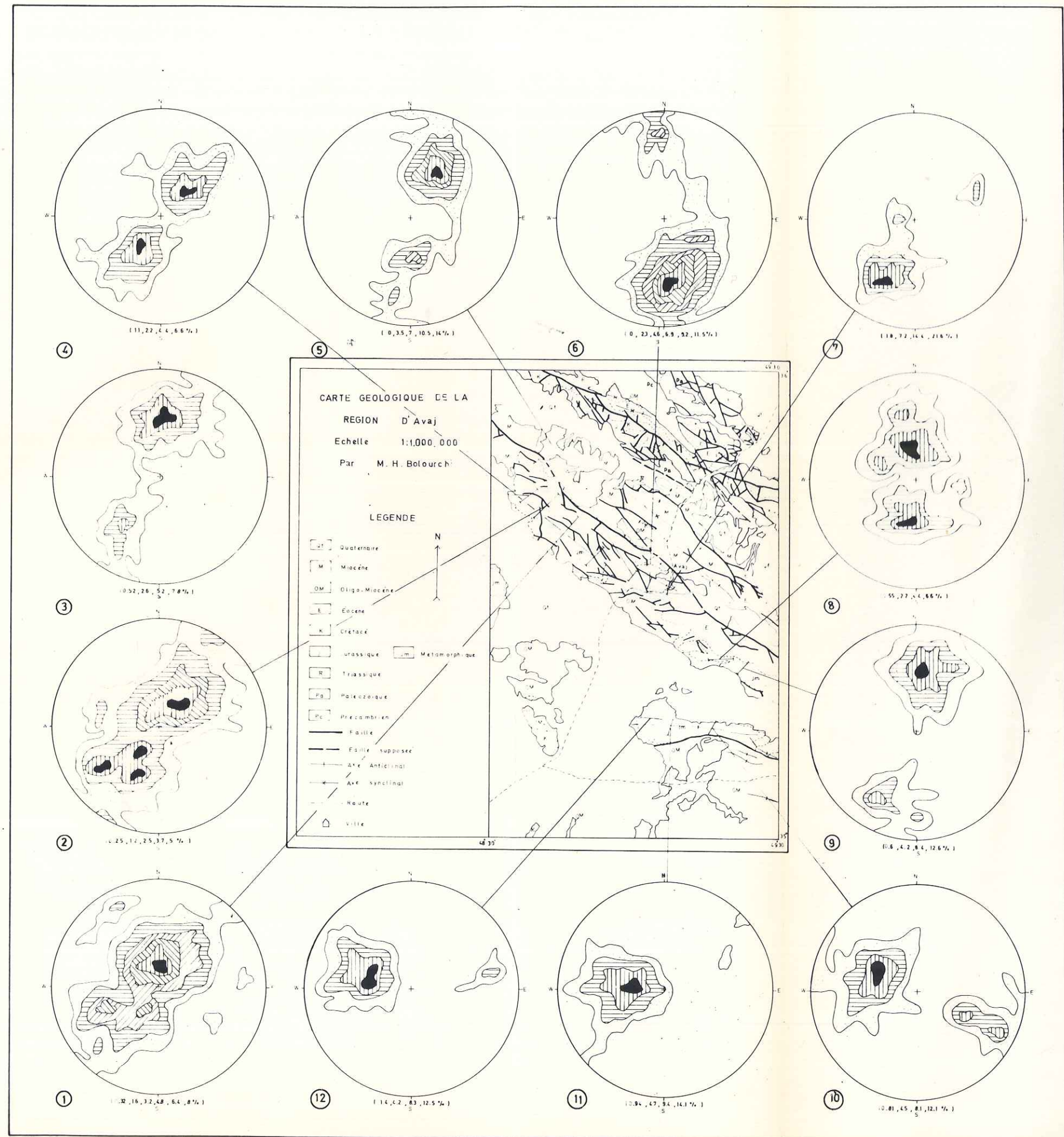
Les premiers plissements importants ayant affectés la région d'Avaj sont ceux de la phase Laramienne.

Avec cette phase vient un métamorphisme dans la zone de Razan qui affecte seulement la partie inférieure de la série (Trias supérieur à Jurassique) et donne des schistes à chlorite et séricites, dus à un métamorphisme de basse pression.

Dans la partie supérieure, le métamorphisme décroît. On observe un léger boudinage centimétrique de calcite dans les bancs calcaires et une très discrète schistosité confondue avec le plan de stratification.

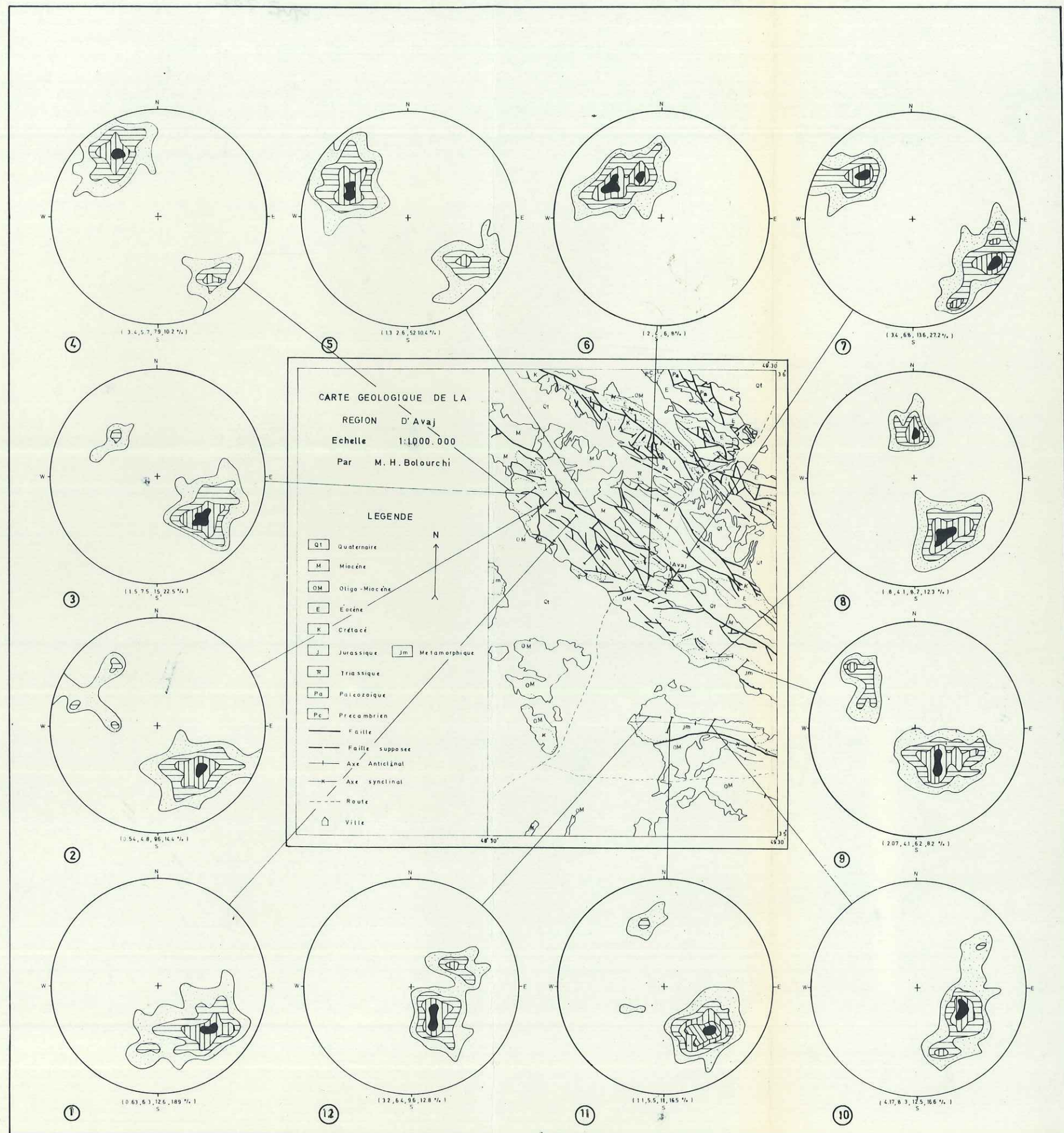
Ce métamorphisme de faible degré s'est effectué pendant le diastrophisme laramien. En ce qui concerne les déformations correspondantes, nous examinerons successivement :

Fig.48—Diagrammes stéréographiques montrant les positions de la schistosité



Toutes les mesures sont reportées sur l'hémisphère supérieur du canevas de Schmidt

Fig.49—Diagrammes stéréographiques montrant les positions des lineations B



Toutes les mesures sont reportées sur l'hémisphère supérieur du canevas de Schmidt

- le plissement
- la schistosité
- les linéations B (axes de plis)

PLISSEMENT

Le litage originel des roches métamorphisées est rarement visible du fait du développement d'une schistosité qui lui est parallèle, mais par endroits on peut encore le distinguer grâce à des critères sédimentologiques indiquant la polarité des couches. Ces litages permettent de déceler la présence de plis et de microplis qui sont sans doute de plusieurs générations comme le démontrent les diagrammes établis sur la schistosité et les linéations.

SCHISTOSITE

La schistosité est également bien développée au sein de ces roches métamorphisées. Une douzaine de coupes structurales choisies dans l'ensemble du secteur sur des affleurements du Trias supérieur - Jurassique ont permis de l'étudier (fig.48). On voit que cette schistosité montre différentes directions apparentes et pendages. La variation de la direction de la schistosité peut être due soit à un processus de plissement hétérogène, soit aux effets de phases de déformations plus récentes.

LINEATION B

Aux mouvements de la phase laramienne on peut faire correspondre une linéation B à petite échelle et des axes B à grande échelle.

Comme la direction des linéations B n'a pas fortement varié, une étude détaillée par projection stéréographique a été effectuée (fig.49). Ces diagrammes comparés à ceux de la schistosité montrent une probable déformation de ces structures par des plissements récents.

Une phase anté-oligo miocène provoque une discordance angulaire entre la série éocène et la formation de Qom.

Les anciennes structures ont été reprises et accentuées par la phase plio-pléistocène.

D - TECTONIQUE RECENTE

Dans la carte séismotectonique du Nord de l'Alborz Central, Tchalenko et al (1974) ont distingué quatre provinces principales :

1. Province au Nord-Est de l'Alborz
2. Province de Torud
3. Province au Nord-Est de l'Alborz
4. Province de Buin et Sud-Est Alborz

La région d'Avaj se situe dans la Province de Buin, qui a été active de 1962 à 1971, avec en particulier le tremblement de terre catastrophique de Buin Zahra du 1er septembre 1962.

Ce séisme a eu pour origine le rejeu de la faille d'Ipak (dite accident d'Hassanabad, dans le territoire étudié ici). Il a été ressenti dans presque tout l'Iran septentrional. Cet accident est situé à environ 130 km au Sud de la ville de Qazvin et se continue vers l'Ouest (voir fig.42). Durant le séisme et ses répliques, se sont formés des plans de cisaillement présentant des rejeux verticaux qui ont pu être observés le long de cet accident. Au moins deux étapes de fracturation progressive ont été mises en jeu. La première étape s'est produite au niveau de Rudak (voir fig.50), où la fracture a progressé vers l'Est en direction d'Ipak, la seconde étape a consisté en la réactivation d'une fracture plus profonde dont les mouvements plus faibles apparaissent peu sur le terrain. Le mouvement s'est produit à partir d'Inderajin en direction de Tofak.

Ce tremblement de terre a fait 12 225 morts et 2 767 blessés. De plus 21 310 maisons furent endommagées et 35 % du cheptel détruit. Le séisme a eu une intensité maximale de 9 sur l'échelle de Richter. De petits glissements de terrain et des chevauchements se sont produits sur le talus formé par le rejet de ces accidents ; des sources temporaires sont apparues.

N. Ambraseys a cartographié en 1963 la zone affectée par ce tremblement de terre. Il a montré que la fracturation consistait essentiellement en un mouvement chevauchant avec quelques cisaillements sénestres. Ces mouvements se sont produits sur une fracture de direction N 100 E. Ces mêmes mouvements ont été décrits par Mekensie (1972). M. Berberian (1971), par l'analyse structurale des joints de tensions le long de la faille d'Ipak, a montré qu'au cours des temps géologiques cette faille avait joué comme un cisaillement sénestre déterminant un décrochement important. L'analyse structurale des joints sur la faille d'Hassanabad confirme ces observations.

Les épicentres de la secousse principale du séisme de 1962, se trouvaient l'un au Sud du village d'Eshtehard (voir Tchalenko et al 1974), l'autre au Sud de Rudak (en dehors de notre terrain) et le troisième au Sud d'Inderajin (fig.50). Cette secousse tardive eut lieu le 2 septembre 1962, et les données des séismographes ont été les suivantes :

heure	Coordonnées	Source
07h. 12mn. 035	35.7N - 49.4 E	B.C.I.S.

Ce séisme n'a pas été le seul à affecter cette région : si l'on se réfère à la carte séismique de l'Iran (Berberian 1973) on constate l'existence de 4 épicentres dans la région étudiée. Les données séismologiques de ces différentes secousses sont les suivantes.

Date	Temps G.M.T.	Longitude	Latitude	Magnitude (Richter)	Profondeur de l'épicentre (en km)
21.6.1961	15 . 40 . 46	49	35	-	33
2.9.1962	07 . 12 . 03	49.4	35.7	5	31
23.6.1967	13 . 15 . 10	49.5	35.7	4.4	52
25.8.1967	12 . 26 . 46	49	35.4	4.8	43

Comme nous l'avons déjà indiqué, l'accident d'Hassanabad a été réactivé en 1962 durant le séisme de Buin Zahra, amenant la destruction du village d'Hesar, avec 250 morts. Deux failles satellites, les failles de Dakhrajin et Kolanjin, furent réactivées :

La faille de Dakhrajin, passant au Nord du village du même nom, d'orientation N 120 E, a joué sans provoquer de victimes. Le long de cette faille (20 km de long environ) de nombreuses sources ont disparu ou apparu.

La faille de Kolanjin, parallèle à la rivière Kolanjin avec une orientation N 140 E, a joué elle aussi mais beaucoup plus vigoureusement. Le jeu d'une de ses branches de direction N 85 est encore visible dans le cimetière d'Inderajin. L'accident d'Inderajin s'est ouvert et le compartiment septentrional s'est effondré de 20cm environ. Dans ce village 130 personnes ont été tuées et toutes les habitations détruites. Un autre village, celui de Sagmas abad (actuellement reconstruit sous le nom Artesh abad) était également situé sur la faille de Kolanjin. Il a été complètement détruit et l'on a dénombré 100 victimes (photo 5 planche 5).

Le village d'Abbasabad était construit sur la lèvre Nord de l'accident précédent. Les fractures récentes sont visibles dans cette région. Lors du séisme du 1er septembre 1962, 162 personnes ont péri et le village a été complètement rasé.

Au village d'Ab-e-Garm, 10 personnes furent tuées et les habitations légèrement endommagées. A 500 m à l'Ouest d'Ab-e-Garm, le village de Mehrabad a été complètement détruit.

Les villages d'Avaj et de Gavyek, situés sur l'accident d'Avaj, ont été eux aussi légèrement endommagés durant le séisme du 1er septembre 1962.

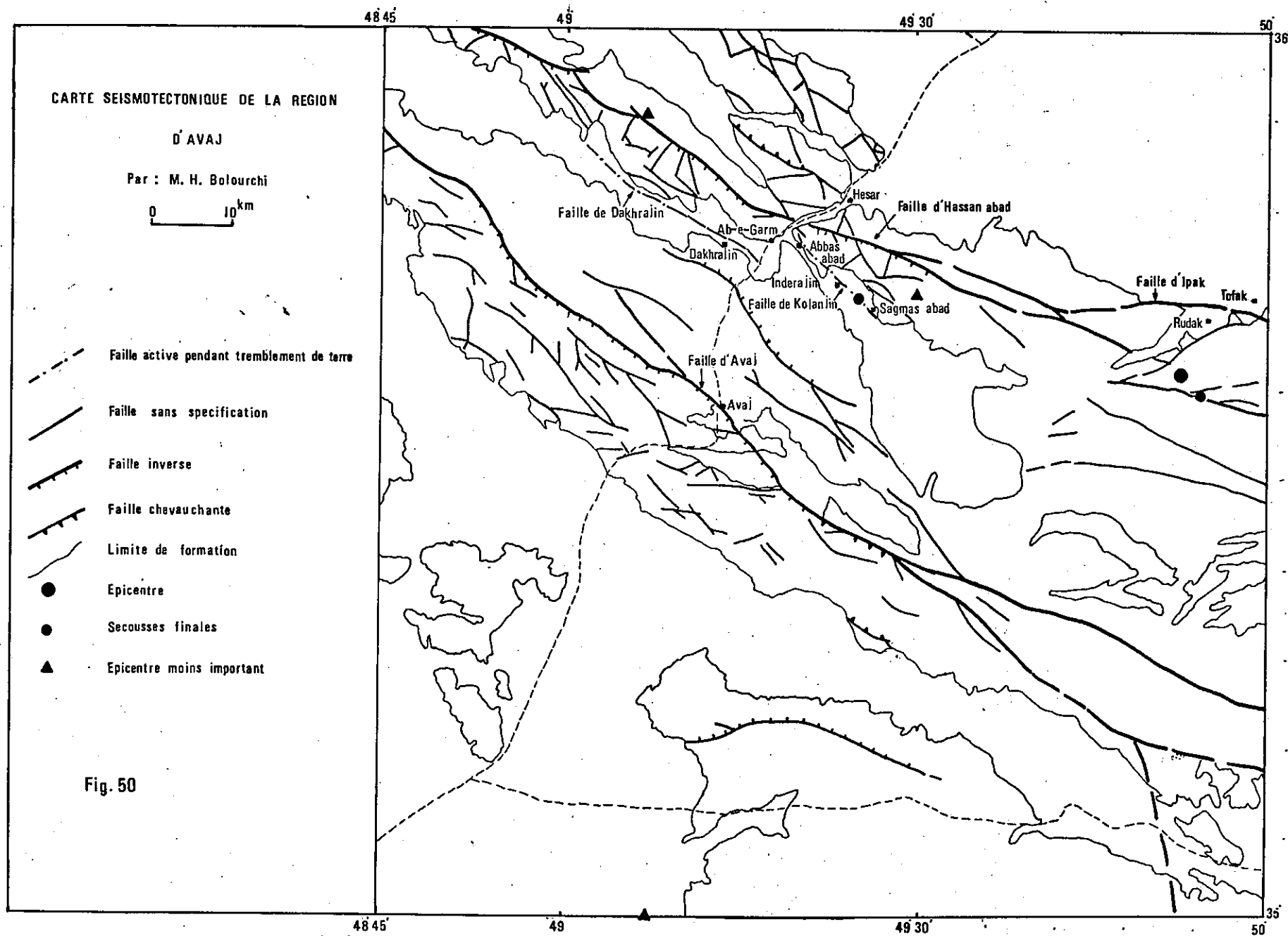


Fig. 50

L'histoire géologique de la région d'Avaj est celle d'une plate-forme compliquée par la différenciation de horsts et de grabens parallèles à la "Main Thrust" du Zagros (Tableau 12). Ce parallélisme n'est pas fortuit. Il est très probable qu'une plate-forme irano-arabe indifférenciée, a été, dès l'Infracambrien, morcelée par un processus de distension, qui y a individualisé de véritables rifts intracontinentaux, successifs ou contemporains, et dans ce cas, parallèles les uns aux autres (Sabzehei 1974).

L'histoire de la région d'Avaj est donc celle de horsts et de grabens jouant les uns par rapport aux autres suivant des accidents toujours actifs et visibles (failles d'Avaj, d'Hananabad) et suivant un rythme qui est celui des grands rifts intracontinentaux voisins. Certes, nous n'avons pas sur le territoire étudié ici, de tels rifts ou même des rifts satellites, dans lesquels la distension aurait pu amener l'apparition d'une croûte océanique traduite par la présence d'ophiolites. Tout au plus la zone de Razan correspond-elle, peut être, à une zone à croûte continentale amincie où un flux thermique anormal a pu, lors d'une compression, déterminer un léger métamorphisme.

Mais notre région a l'intérêt de montrer ce qui se passe sur les bordures des grands rifts à croûte océanique ou océanisée. Les réactions de ces bordures permettront, quand elles seront mieux connues, de comprendre de façon plus précise, le jeu des rifts qu'elles encadrent.

En cela la région d'Avaj peut servir de modèle. Nous allons dans ce cadre interprétatif, essayer d'en donner un aperçu sommaire (fig.52).

a - Entre l'Infracambrien et le Trias moyen,

la zone d'Ab-e-Garm, joue plutôt comme une zone haute notamment la partie située au Nord de la faille d'Hassanabad ainsi qu'en témoignent les nombreuses lacunes de sédimentation qui ont affecté cette dernière pendant cette époque et seule la zone de Razan est peut être un rift intracontinental avec volcanisme basaltique comme celui qui se développe plus au Sud à cette époque entre Abadeh et le Jaz Murian (Sabzehei 1974). Malheureusement, les termes paléozoïques n'y affleurent pas.

L'orogénèse paléocimmérienne referme cet éventuel rift comme elle a refermé celui de Sargaz - Abshur évoqué précédemment mais ne provoque évidemment que des actions réduites sur le horst d'Ah-e-Garm.

b - Une autre phase d'extension débute au Trias moyen ou supérieur et fragmente le craton irano-arabique. Ainsi se dessinent deux grands fossés marginaux (Zagros et Kopet Dagh) encadrant l'Iran Central devenu une mosaïque extrêmement complexe de blocs à jeu positif séparés par des joints d'extension et de subsidence. C'est l'époque de la naissance des sillons étroits à croûte basique qui donneront, lors de leur fermeture, "les zones à coloured melange" dont aucune n'intéresse notre secteur.

Ce dernier peut être considéré comme la marge continentale du sillon à croûte océanique du Zagros Nord. On va donc y observer tous les phénomènes habituels de ces marges, phénomènes qui sont actuellement très étudiés par les géologues pétroliers depuis que certaines se sont révélées productives (côte Ouest d'Afrique).

TABLEAU 12 : EVOLUTION SEDIMENTAIRE DES DIFFERENTES ZONES STRUCTURALES DE L'IRAN Nord-Ouest

Systèmes	REGION KERMANSHAH		SANANDAJ - SIRJAN		ZONE D'AB-E-GARM	
	Zagros	z.Chevauchement	Hamadan	Zone de Razan	Sous-zone Sud	Sous-zone Nord
Oligo-Miocène						
Eocène						
Crétacé sup.						
Crétacé inf.						
Jurassique moy. - sup.						
Jurassique inf.						
Trias sup.						
Trias inf.moy.						
Permien						
Carbonifère						
Dévonien	?		?			
Siturien						
Cambrien						
Infracambrien						
Précambrien						



Sédimentation

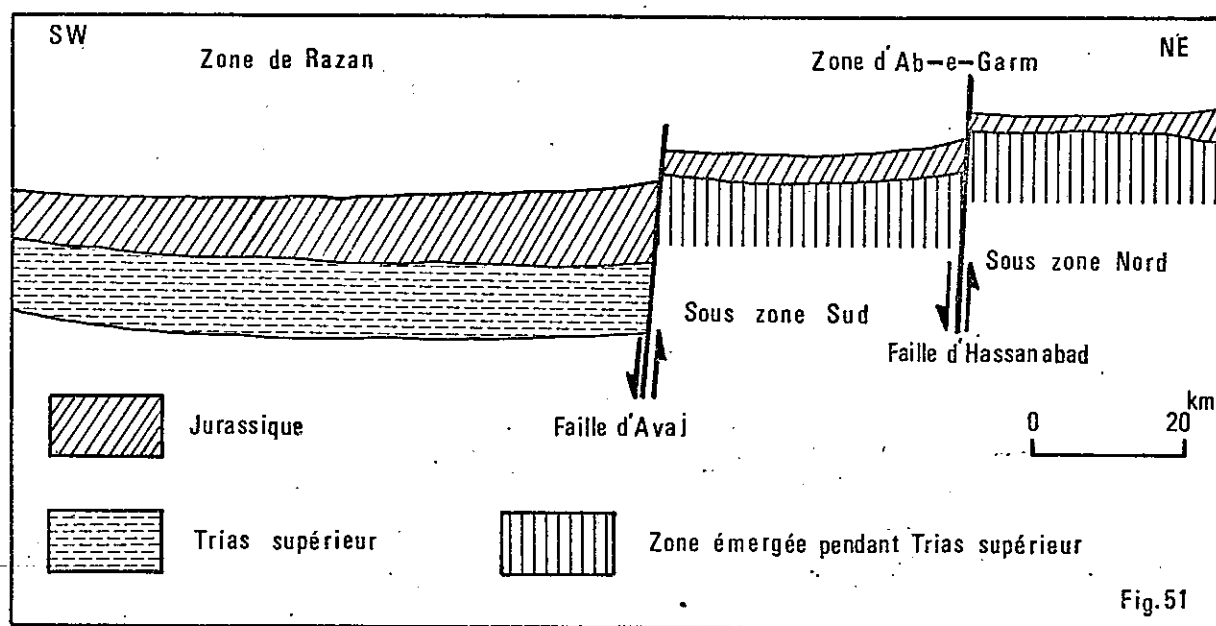


Lacune stratigraphique

1 A partir de la phase paléocimmérienne jusqu'à la fin du Néocomien

La grande distension qui permet la naissance du fossé du Zagros, se traduit aussi par la subsidence de la zone de Sanandaj - Sirjan (c'est-à-dire de la zone de Razan dans le territoire étudié ici) : la faille d'Avaj, qui joue alors en faille normale, peut être considérée comme l'un des accidents bordiers de ce rift. Plus au Nord, la zone d'Ab-e-Garm a un jeu plus complexe : au Sud de la faille d'Hassanabad, la zone reste assez subsidente mais suivant un rythme très différent de celle de Razan. Au Nord de cette faille, le manque d'affleurements ne nous permet pas de caractériser cette subsidence. On peut penser que la faille en question joue en faille normale : tout se passe donc comme s'il y avait un escalier de failles normales depuis la zone de Razan jusqu'au Nord d'Ab-e-Garm.

Cependant, encore plus au Nord le long de la chaîne de Soltanieh les dépôts très épais du Jurassique inférieur attestent d'une subsidence importante.



2 A l'Aptien

Nouvelle distension, provoquant un nouveau basculement de blocs le long des failles évoquées. Le jeu est toujours en distension, car il s'accompagne d'un volcanisme fissural, basaltique, dans la mesure où les affleurements de ces basaltes ne sont pas des sillons récents interstratifiés dans l'Aptien.

Mais ce basculement de blocs inverse les conditions de subsidence : le Crétacé est plus épais au Nord qu'au Sud. Ces conditions sont classiques dans les jeux de blocs en régime distensif.

3 A la fin du Crétacé

Il y a fermeture du sillon océanique du Zagros Nord (Ricou 1974) probablement par suite de l'ouverture de la Mer Rouge (Sabzehei 1974, fig.92 p.293). Cette fermeture n'a pas dû se faire par subduction, car on ne retrouve pas les phénomènes

annexes habituels (Sabzehei 1974). On a donc un banal régime de compression avec son cortège de failles chevauchantes sur la bordure du Zagros (Main Thrust), et de plis isoclinaux synschisteux plus loin sur la marge, sans doute un flux thermique anormal s'associe-t-il aux contraintes pour provoquer le métamorphisme régional de la zone de Razan.

Cette contraction a dû être brève car, dès l'Eocène, la distension reprend; sa manifestation la plus spectaculaire est celle des fossés à Eocène volcanisé (formation de Karaj) où la subsidence s'associe au volcanisme. Celui-ci s'exprime plus nettement le long de la faille d'Avaj, qui travaille à nouveau en faille normale. Des intrusions granitiques (granites subvolcaniques) sont mêmes connues dans la région de Zanjan, mais hors de notre secteur.

4 A la limite Oligocène - Miocène

Le même cortège de phénomènes va se reproduire. L'accélération du phénomène distensif de la Mer Rouge provoque un phénomène compressif généralisé de la "plaque" irano-arabe que le Zagros Nord "océanique" n'encaisse plus puisqu'il est déjà plissé et incorporé à la "plaque" irano-arabe. Le phénomène s'étend donc à tout le territoire étudié, peut être accentue-t-il les plis de la zone de Razan, mais en tout cas il affecte largement la zone d'Ab-e-Garm.

Mais, comme précédemment, la compression est suivie par la relaxation générale des contraintes et l'apparition d'un régime distensif : celui-ci est traduit par nouveau volcanisme (faille d'Avaj) avec même des intrusions dioritiques dans la zone de Razan, puis il y a affaissement du bassin où se déposera la Formation de Qom entre les deux horsts élevés de la chaîne d'Avaj et de celle d'Ab-e-Garm.

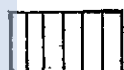
5 Au Pleistocène

Pour la troisième fois, ce cycle recommence : il y a compression, donnant des plissements ménagés et même des chevauchements, puis apparaît le classique régime de détente avec son cortège de volcanisme.

On notera que toutes ces manifestations volcaniques sont parallèles à la Main Thrust, et donc à l'ancienne zone océanique du Zagros Nord, mais ne représentent pas le volcanisme classique des arcs insulaires lié à un plan de Benioff. En accord avec Sabzehei (1974) nous pensons que ce volcanisme souligne simplement la fragmentation d'une plate-forme suivant des failles d'effondrements anciennes, parallèles à celles qui sont à l'origine du rift du Zagros, ainsi que du "graben" de Sanandaj - Sirjan (Zone de Razan). La variété des produits volcaniques liés à ces failles, suggère que l'on a là la juxtaposition d'un magma calco-alcalin et d'un magma basaltique plus banal. Le second est lié à tous les mécanismes distensifs. Le premier résulte de phénomènes subcrustaux plus complexes : en effet le métamorphisme de la zone de Razan montre la possibilité de flux thermique qui a pu remobiliser partiellement certains matériaux granito-gneissique et créer ainsi, localement des magmas andésitiques ou dioritiques. En d'autres termes, mais de façon beaucoup plus hypothétique, nous pensons que la juxtaposition de phénomènes métamorphiques et volcaniques dans la même zone traduit une anomalie de structure et de dynamique du manteau supérieur pendant tout le tertiaire, exactement comme on l'observe dans d'autres régions du monde, pourtant bien éloignés de tout arc insulaire (Massif Central français par exemple).

Par la clarté de son évolution due à une série sédimentaire facilement déchiffrable et à une tectonique de compression relativement modeste, la région d'Avaj se prête particulièrement bien à la compréhension des phénomènes de toute sorte (sédimentaire, volcanique, métamorphique) qui affectent les marges des grands rifts intracontinentaux. Ceux-ci sollicitent trop souvent l'attention exclusive des spécialistes. Mais, peut être, leurs bordures se révéleront-elles des enregistreurs plus fidèles et plus précis de leurs vicissitudes.

Légende de la fig.52



Bouclier Précambrien

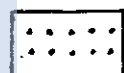


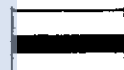
Plate-forme Infracambrien - Trias moyen



Complexe métamorphique cratonisé pendant l'orogénèse paléocimmérienne



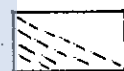
Craton paléocimmérien



Ophiolites appartenant au "Croissant ophiolitique péri-arabe"



Complexe métamorphique cratonisé pendant l'orogénèse laramienne

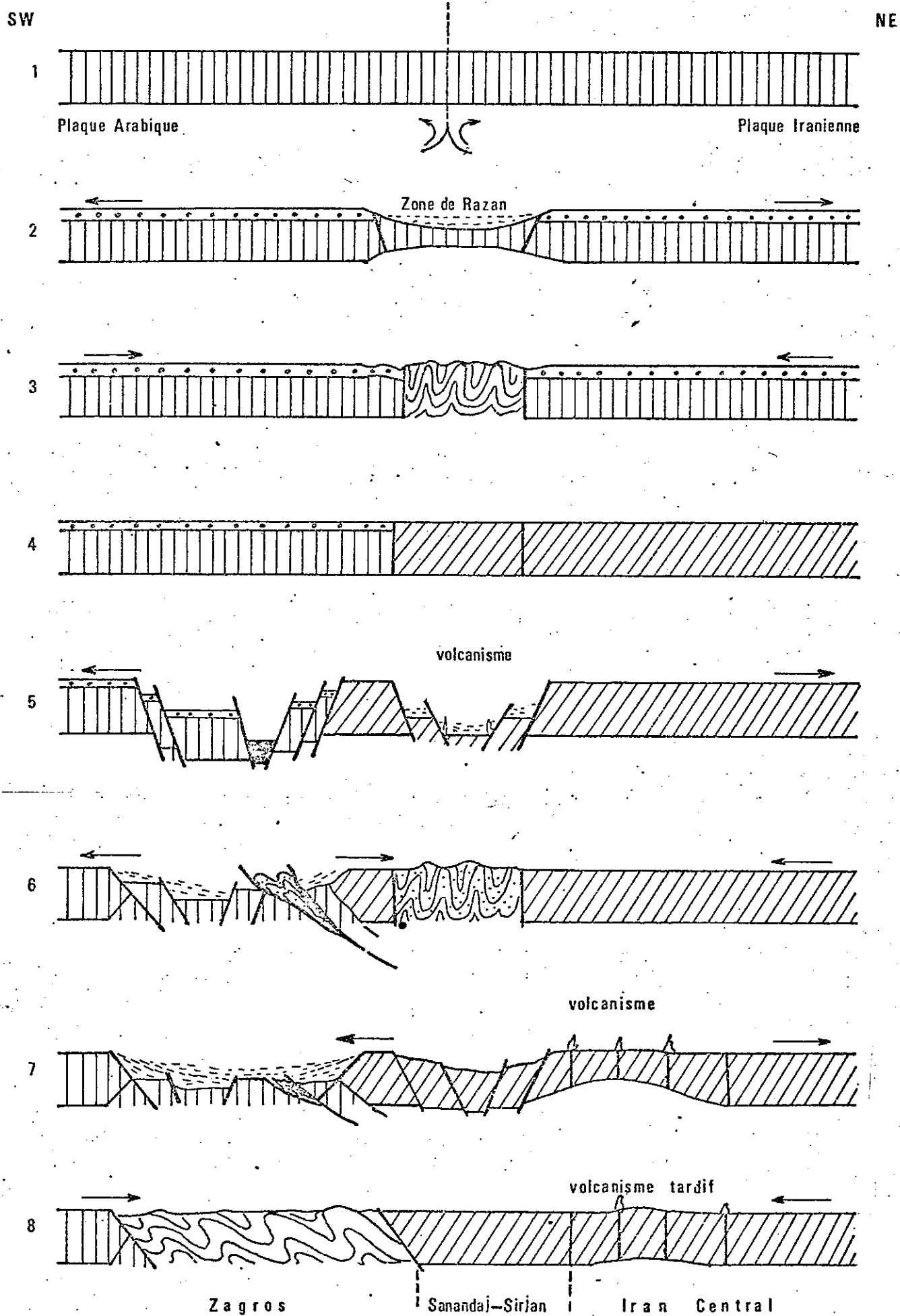


Marge sédimentaire du rift du Zagros



Nappe (ophiolites - radiolarites) mise en place au Crétacé supérieur.

Fig.52--Schéma de l'évolution structurale de la région étudiée



1-Phase Assyntique. 2-Infracambrien-Trias moyen. 3-Phase Paléocimmérienne. 4-Fin Trias supérieur. 5-Trias supérieur-Crétacé. 6-Fin Crétacé-début Eocène. 7-Eocène-Oligo-Miocène. 8-Plio-Pleistocène.

PLANCHE 1

1. <u>Dictyoclostus</u> . sp.	Permien
2. <u>Orthoethetina eusarkos</u> (Abich)	"
3. <u>Orthoethetina</u> sp.	"
4. <u>Juresania</u> sp.	"
5. Calcaire à pélécy-podes	Trias inférieur
6. Calcaire vermiculé	"
7. Traces de plantes	Lias
8. <u>Spiriferina rostrata</u> Schlotheim	"
9. <u>Grammatodon</u> sp.	"
10. <u>Pholadomya iranica</u> Fantini-Sestini	"
11. <u>Naulilus</u> sp.	"
12. <u>Trigonia</u> sp.	"



1



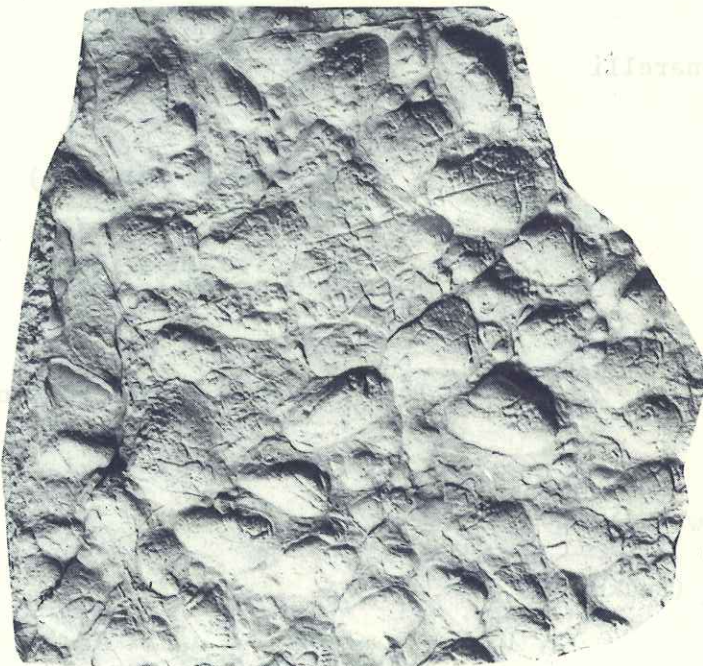
2



3



4



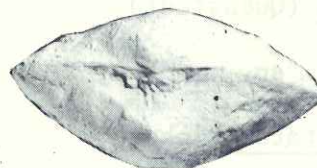
5



6



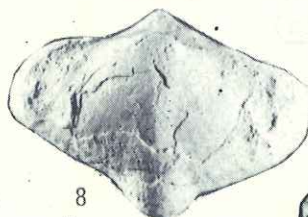
7



8



9



10



11

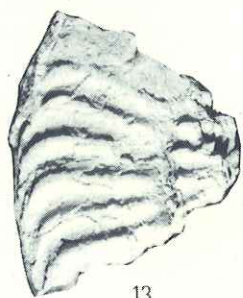


12



PLANCHE 2

- | | |
|---|-------------------------------|
| 13. <u>Pseudogrammoceras quadratum</u> (Haug) | Toarcien supérieur |
| 14. <u>Dumortieria</u> sp. | " " |
| 15. <u>Hammatoceras</u> cf. <u>procarellensce</u> Bonarelli | " " |
| 16. <u>Dumortieria</u> sp. | " " |
| | (Subzone à aalensis) |
| 17. <u>Pseudoammatoceras</u> sp. | Toarcien supérieur |
| 18. <u>Pseudogrammoceras quadratum</u> (Haug) | " " |
| 19. <u>Dumortieria</u> sp. | Toarcien sup. - Bajocien inf. |
| 20. <u>Leioceras striatum</u> (Buckman) | Bajocien inf. |
| 21. <u>Ludwigia</u> (<u>Graphoceras</u>) <u>concava</u> (Sowerby) | " |
| 22. <u>Ludwigia</u> (<u>Ludwigia</u>) <u>bradfordiensis</u> (Buckman) | " |
| 23. <u>Leioceras comptum</u> (Reineche) | " |
| 24. <u>Parammatoceras</u> aff. <u>alleoni</u> (Dumortier) | " |
| 25. <u>Leioceras costosum</u> (Quenstedt) | " |
| 26. <u>Ludwigia</u> sp. | " |
| 27. <u>Leioceras paucicostatum</u> Rieber | " |
| 28. <u>Ludwigia</u> (<u>Ludwigella</u>) sp. | " |



13



14



15



16



17



18



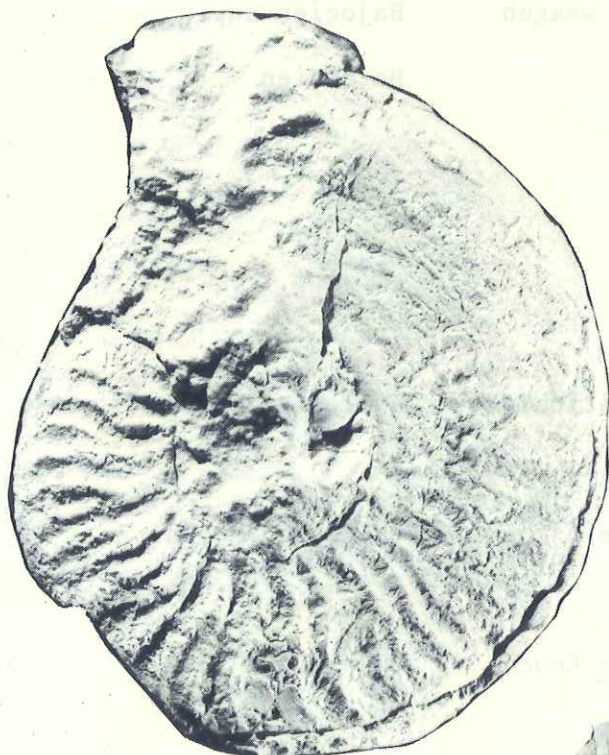
19



20



21



22



23



24



25



26



27



28

PLANCHE 3

- | | |
|---|-----------------|
| 29. <u>Ludwigia murchisonae</u> (Sowerby) | Bajocien inf. |
| 30. <u>Oecotraustes</u> (<u>Oecotraustes</u>) cf. <u>genicalaris</u> waagen | Bajocien sup. |
| 31. <u>Cadomites</u> sp. | Bathonien |
| 32. <u>Oxycerites</u> sp. | " |
| 33. <u>Ebrayiceras filiostrata</u> Wetsel | " |
| 34. <u>Ebrayiceras filiostrata</u> Wetsel | " |
| 35. <u>Morphoceras macrescens</u> Buckman | " |
| 36. <u>Hecticoceras</u> (<u>Hecticoceras</u>) cf. <u>boginense</u> Petitclerc | Callovien inf. |
| 37. <u>Macrocephalites verus</u> Buckman | " |
| 38. <u>Hecticoceras</u> (<u>Rossienceras</u>) <u>laubei</u> Neumayre | Callovien Moyen |
| 39. <u>Reineckeia</u> (<u>Reineckeia</u>) <u>nodosus</u> Till | " |
| 40. <u>Perisphinctes</u> (<u>Dichotomosphinctes</u>) <u>roitrades</u> Rouch | Oxfordien |



29



30



31



32



33



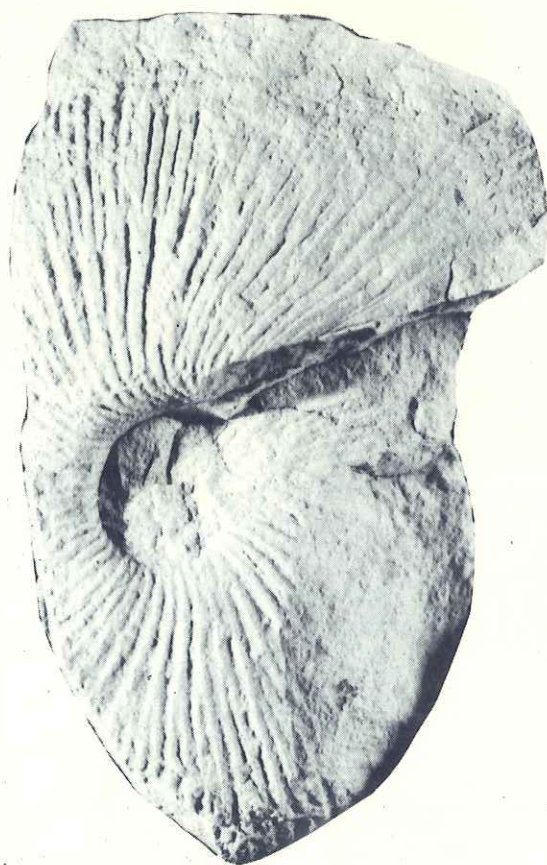
34



35



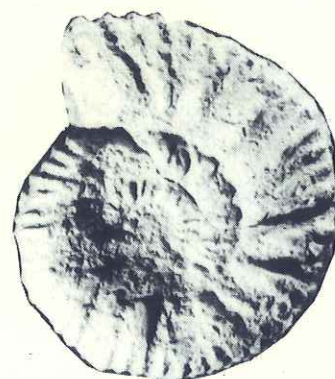
36



37



38



39

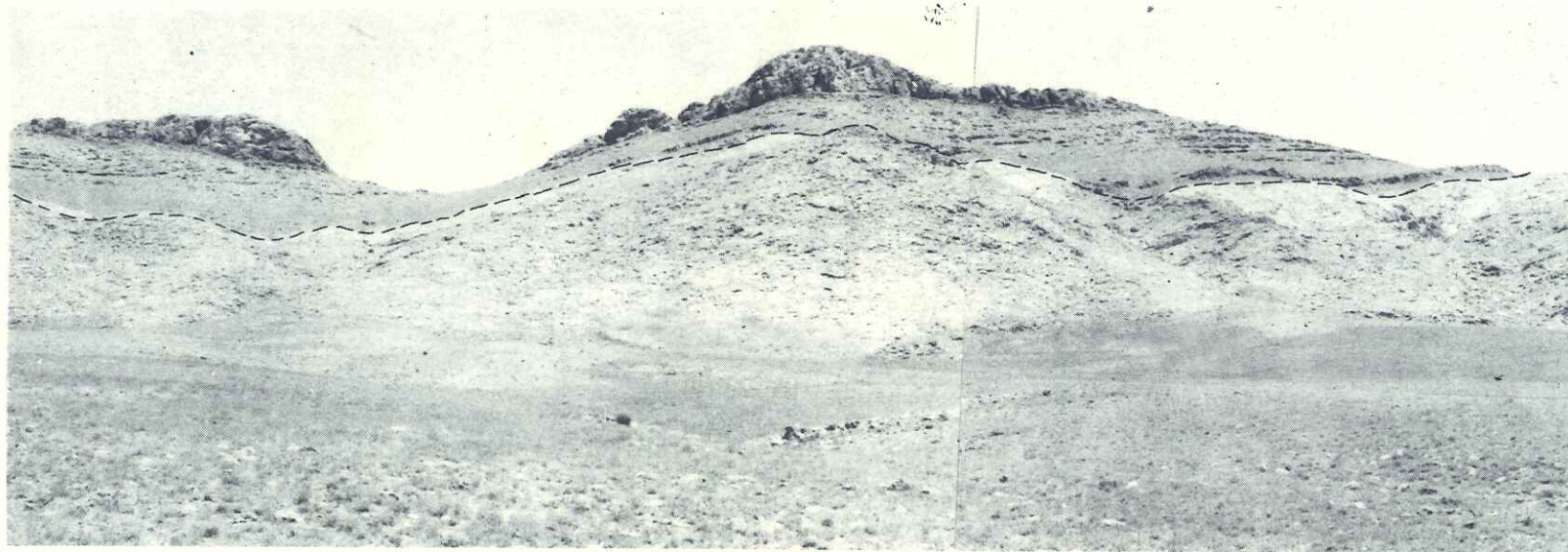


40

PLANCHE 4

1. Discordance entre le Crétacé supérieur et la formation de Lar au NE du village de Lak.

2. "Cheminées de fées" dans la Formation rouge supérieure au Nord du village d'Avaj.



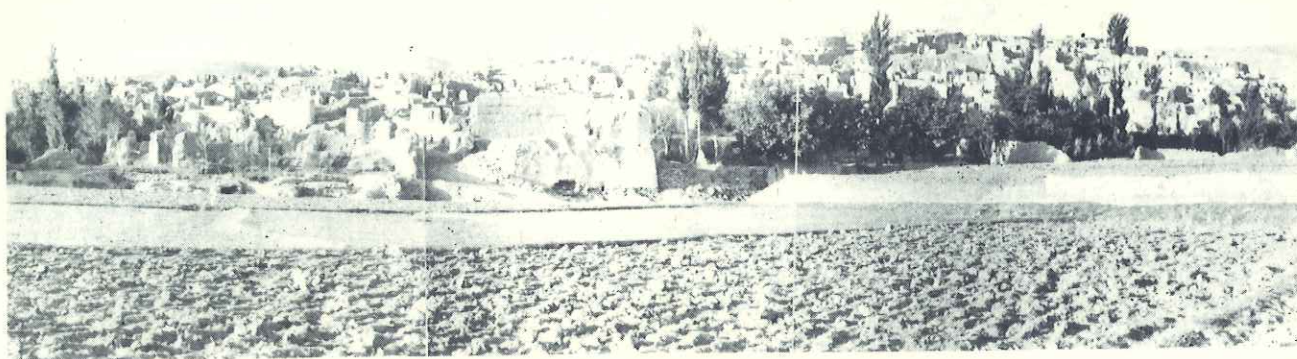
1



2

PLANCHE 5

3. Source chaude d'Ab-e-Garm.
4. Chevauchement de Qaraqurqan : le Jurassique supérieur chevauche vers le Sud la formation de Karaj (Eocène).
5. Le village de Sagmas abad (Artesh abad), qui a été complètement détruit par le séisme de 1962.



5



4



3

BIBLIOGRAPHIE

- AGHANABATI, A., 1975 - Etude géologique de la région de Kalmard W.TABAS Thèse en préparation
- AHMADZADEH, M., 1971 - Stratigraphische und palaeontologische Untersuchungen im Unter Karbon des zentral Elburz (Iran), Clausthaler Geol.Abh., 7, PP 1-164.
- ALAVI, M., et al., 1968 - Geology of western part of Takab Quadrangle : Geol. Survey Iran. Geol. note n° 49, with map 1/100 000, 91 p.
- ALAVI NAINI, M., 1971 - Etude géologique de la région de Djam (N de l'Iran Central) Thèse, France, Lyon, 410 p.
- ALAVI, M., BOLOURCHI M.H., 1973 - Explanatory texte of the Maku Quadangle MAP I : 250 000. Geol.surv.Iran. Geol.Quadrangle n° A1.
- ALLENBACH, P., 1966 - Geologie und petrographie des Damavand und seiner Umgebung (Zentral Elburg), Iran. Thèse n° 3885, Zürich, 145 p.
- AMBRASIYS, N.N., 1963 - The Buyin-Zahra (Iran) earthquake of September 1962, A field report. Bull Seis. Soc. Am. V. 53, N° 4, pp.705-740.
- ASSERETO, R., 1963 - The Paleozoic formations in Central Elburz (Iran) (Preliminary note). Riv. ital. Paleont. Stratigr., Milano, vo.LXIX, n° 4, p. 503-543.
- ASSERETO, R., 1966 - The jurassic Shemshak formation in Central Elburz (Iran), Riv. ital. Paleont. Stratigr., Milano, vol.LXXII, n° 4, p. 1133-1182.
- ASSERETO, R., 1966 - Explanatory Notes on the Geological map of Uper Djadjerud and Lar Valleys (Central Elburz, Iran), scale 1/50 000, with explanatory notes. Ist. Geol. Univ. Milano, Publ., n° 232, sér. G. 86 p.
- ASSERETO, R., BARNARD, P.D.W., FANTINI SESTINI, N., 1968 - Jurassic stratigraphy of the Central Elburz (Iran). Inst. Geol. Univ. Milano, sér. G., Publ. n° 252, p. 21.
- BAILEY, E.B., JONES, R.C.B. and ASFIA, S., 1948 - Notes on the geology of the Elburz mountains, north-east of Tehran, Iran. Q.J. Geol. Soc. Lond., vol. 104, pt.1, n° 413, p. 1-42.
- BERBERIAN, M., 1971 - Preliminary report on structural analysis of Ipak active fault. Geological survey of Iran, Internal Report.
- BERBERIAN, M., et ALAVI, N., 1971 - Preliminary note on the structural analysis of Hamadan metamorphic tectonites. Geol. surv. Iran. M.B. n° 3, 16 p.
- BERBERIAN, M., 1973 - The Seismicity Map of Iran - Preliminary Map of Epicentres and Focal Depths. Geological Survey of Iran. One colouret map.
- BERBERIAN, M., 1973 - Tow important deformational and metamorphic phases in the belt northeast of the Zagros thrust line (Iran). A brift structural review of the Sanandaj Sirjan belt. M.B., n° 27, G.S.I., n° 61.

BERTHIER, F., BILLIAULT, J.P., HALBRONN, B., MAURIZOT, P., 1974 - Etude stratigraphique, pétrologique et structurale de la région de Khoramabad (Zagros Iran).
Thèse 3ème cycle. Grenoble.

BOLOURCHI, M.H., 1969 - Preliminary report of the Maku area (North-west extreme of Iran). Geol. Surv. Iran, Internal rept.

BOLOURCHI, M.H., 1971 - Preliminary report on the Permien bauxite of the Ab-e-Garm area. Geol. Surv. Iran, Internal rept.

BOLOURCHI, M.H., 1971 - Preliminary report on the Permien and Triassic bauxite of the Ab-e-Garm and Soltanieh Mt. Geol. Surv. Iran, Internal rept.

BOLOURCHI, M.H., PELISSIER, 1967 - Metamorphic complex of the East Takab Quadrangle. Geol. Surv. Iran, Internal rept.

BORDET, P., BERBERIAN, M., 1971 - Reconnaissance géologique du massif Sahand (Azerbeïdjan). Geol. Survey of Iran, Internal report, 12 p.

BORDET, P., ALAVI TAHRANI, N., LOTFI, M., 1973-1974 - Work in progression Sahand. Not Published.

BOZORGNIA, F., 1973 - Paleozoic foraminiferal biostratigraphy of Central and East Alborz Mountains, Iran. N.I.O.C. Geol. Lab. Publ. n° 4.

BRAUD, J., BELLON, H., 1973 - Données nouvelles sur le domaine métamorphique du Zagros (zone du Sanandaj - Sirjan) au niveau de Kermanshah - Hamadan. Non publié.

CARTIER, E.G., 1971 - Die Geologie des unteren Chalus Tals Zentral-Alborz (Iran). Univ. Zürich, 134 p.

DAVIES, R.G., TONES, C.R., HAMZEPOUR, B., and CLARK, G.C., 1972 - Geology of the Masuleh sheet. I : 100 000 (Northwest Iran). Geol. Surv. Iran. Rept n° 24.

DAVOUDZADEH, M., SEYED EMAMI, K., and AMIDI, M., 1969 - Preliminary note on a newly discovered Triassic section northeast of Anarak. (Central Iran) with some remarks on the age of the metamorphism in the Anarak region : Geol. Survey Iran, note n° 51, 23 p.

DAVOUDZADEH, M., SEYED EMAMI, K., 1972 - Stratigraphy and paleontology of the Triassic Nakhlak Group, Anarak region, Central Iran. Geol. Surv. Iran. Rept. n° 28.

DEDUAL, E., 1967 - Zur Geologie des mittleren und untern Karaj-Tales, Zentral-Elburz (Iran) : Dissertation, Zürich, 123 p.

DIDON, J., GEMAIN, Y.M., 1975 - Geologie de la region de Sabalan (Unpublished).

DELLENBACH, J., 1964 - Contribution à l'étude géologique de la région située à l'Est de Téhéran, Iran : Ph. D. Diss., Univ. Strasbourg, 117 p.

EFTEKHAR NEJAD, J., NABAVI, M.H., and VALEH, N., 1965. Geology of Tarom-Talesh area : Geol. Survey. Iran, Geol. note n° 16, 24 p. with map 1/100 000 (non publié).

EFTEKHAR NEJAD, J., 1974 - Geological Map of the Mhabad Quadrangle. I:25 000. Geol. Surv. Iran.

ERNI, A., 1931 - Découverte du Bathonien fossilifère dans l'Elbourz (Perse du Nord) : Eclogae geol. Helv. vol.24, n° 2, pp. 165-166.

- FREI, E., 1952 - Geological report on Jafarahad - Ab-e-Garm Region between Qazvin and Hamadan. Tehran, National Iranian Oil Company (Gr. n° 72).
- FREI, E., 1952 - Geological reconnaissance on Hamadan - Qazvin - Saveh - Kermanahah area. Tehran, National Iranian Oil Company (Gr. n° 79).
- FANTINI-SESTINI, N., 1965 - The geology of the upper Djadjerud and Lar valleys (north Iran) ; II. Paleontology ; Brachiopods from Dorud Formation : Riv. Ital. Palaeontol. Stratigr. vol. 71, n° 3, pp. 773-787.
- GAETANI, M., 1965 - The geology of the upper Djadjerud and Lar valleys (North Iran); II Paleontology ; Brachiopods and molluscs from Geirud Formation, Membre A, (Upper Devonian and Tournaisian) : Riv.ital.Palaeontol. Stratigr., vol. 71, n° 3, pp. 679-755.
- GANSSEER, A., 1955 - New aspects of the geology in Central Iran (with discussion) : World Petrol. Conge, 4th, Rome, sec.1, pp. 278-300 ; abs, 1955. Petrol. Times, vol. 59, n° 1506, p. 434 ; abs,
- GANSSEER, A., and HUBER, H., 1962 - Geological observations in the Central Elburz, Iran : Schweiz, miner.petrogr. Mitt., vol. 42, n° 2, pp. 583-630.
- GLAUS, M., 1964 - Trias und Oberperm im zentralen Elburz (Persien) : Eclogae geol., Helv., vol. 57, n° 2, pp. 497-508.
- GLAUS, M., 1965 - Die Geologie des Gebietes nördlich des Kandevan-Passes (Zentral Elburz) ; Iran : Mitt. geol. Inst. eidg. tech. Hochsch. Univ.Zürich, N.F.48, 165 p.
- GREGORY, J.W., 1929 - The structure of Asia. Introduction P. 1-34. London (Methuen)
- HADJIAN, J., 1968 - Geological report on southwest-corner of Zanjan area - Geol. Surv. Iran. Geol. Note n° 41, 18 p., 1 Map I:100 000 (Unpublished).
- HADJIAN, J., 1970 - Géologie de la région de Tafresh, Iran. Thèse, France, Lyon n° 664, 295 p., 138 figs., 6 tableaux, 1 Map.
- HAGHIPOUR, A., 1971 - Hercynian mouvements in Iran. Geol. Surv. Iran, n° 56 15 p.
- HAGHIPOUR, A., 1974 - Etude géologique de la région de Biabanak-Bafq (Iran Central). Thèse d'état Univ. Grenoble, France.
- HAMZEPOUR, B., 1970 - Geology of the Kolor area : Thesis presented for the M.S. degree of the faculty of science. Univ. Teheran, Iran.
- HARRISON, J.V., 1930 - The Geology of some salt plugs in Laristan (Southern Persia): Quart. Journ. Geol. Soc., London, vol. 86, pt. 4, n° 344, pp. 463-522.
- HARRISON, J.V., TAITT, A.H., 1930 - Geological Sketch Map of part of Laristan (Southern Persia) : Quart. Journ. Geol. Soc., London, vol. 86.
- HIRAYAMA, K., et al., 1966 - Geology of the Tarom district, western part (Zanjan area, northwest Iran) : Geol. Survey Iran, rept. n° 8, 31 p.
- HOJCHMAND-ZADEH, A., SABZEHEI, M., BERBERIAN, M., 1972 - A brief note on early kimmerian orogeny and high grade metamorphisme in Sanandaj - Sirjan belt, Iran. Geol. Surv. Iran. Internal Rept.
- HUBER, H., 1953 - Geological report on the upper Qarachai Area between Saveh and Hamadan. N.I.O.C.

HUCKRIEDE, R., KURSTEN, M., et VENZLAFF, H., 1962 - Zur Geologie des Gebietes zwischen Kerman und Sagand (Iran). Beih. Geol. Jb., Hannover, vol. 51, p. 1-197.

JAME, G.A., et WYND, J.G., 1965 - Stratigraphic nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement area. Amer. Ass. Petrol. Geologists Bull, New-York, vol. 49, n° 12, p. 2182-2245.

KRUMBECK, L., 1922 - Stratigraphische Ergebnisse Von Niedermayer's Reise durch Persien : Zentralbl. Min. etc., Abt. B., 1922, n° 1, pp. 19-23.

KUSHAN, B., 1973 - Stratigraphie und Trilobiten fauna in der Mila - Formation (Mittelkambrian - Tremadoc) im Alborz - Gebirge (N.Iran). Palaeontographica, Band 144, Abt.A., fig.4-6.

LORENZ, G., 1964 - Geologie des oberen Karakj-Tales (Zentral-Elburz, Iran) : Ph. D. Diss., Univ. Zürich, 113 p.

LYS, M., et DE LAPPARENT, A.F., 1971 - Foraminifère à microfaciès du Permien de l'Afghanistan Central, note et mem., sur le Moyen-Orient. I-XII, p. 49-133, XXII pls.

MCKENSIC, D., 1972 - Active tectonics of the Mediterranean region. Geophys. J.R. astr., 1972, 30.109-185.

MOHAJEZ, S., and MOSHTAGHIAN, A., 1963 - Geology and oil possibilities of Khur-Jandagh-Biabanak Area : N.I.O.C., Geol. rept. 250.

MOHAJER, G.A., PIERCE, G.R., 1963 - Qazvin - Iran Earthquake. Bull. of the A.A. P.G. Vol. 47, n° 10.

PASCOE, E.H., 1959 - A manual of the geology of India and Burma : 3rd ed., Calcutta, Government of India Press, V. 2, 1343 p.

PILGRIM, G.E., 1968 - The geology of the Persian Gulf and adjoining positions of Persia and Arabia. Mem. Geol. Surv. India. Vol. 31.

RAZZAGHMANESH, G., 1968 - Die Kupfer Blei-Zink-Erzlagerstätten von Taknar und ihr geologischer Rahmen (Nordost-Iran). Thesis Rhein-Westph. Techn. Hochsch. Aachen, 130 p.

REITLINGER, E.A., 1965 - La nouvelle famille des Lasiodiscoidae, inst. Geol. Acad. Sciences SSSR., n° 1, p. 69-89, 1 fig., Tard. B.R.G.M., n° 1753.

RIEBEN, H., 1935 - Contribution à la géologie de l'Azerbeïdjan Persan : Bull. soc. Neuchâteloise Sci.Natur., Neuchâtel, Vol. 59 (1935) ; p. 20-144, 7 fig., 1 Map.

RIVIERE, A., 1934 - Contribution à l'étude géologique de l'Elbourz (Perse) : Rev. Géogr. Phys. Géol. dynam., vol. 7, pts. 1-2, p. 1-190.

RUTTNER, A., NABAVI, M., HADJIAN, J., 1968 - Geology of the Shirgesht area (Tabas area, East Iran) : Geol. Survey Iran, Rept. n° 4, 113 p.

SABZEHEI, M., WATTERS, W.A., et al., 1970 - Preliminary report on geology and petrography of the metamorphic and igneous complex of central part of Neiriz Quadrangle. Geol. Surv. Iran. Internal rept.

SABZEHEI, M., 1970 - Preliminary report on the geology of Hamadan granite and its related contact metamorphism. Geol. Surv. Iran, Internal rept.

SABZEHEI, M., 1974 - Les mélanges ophiolitiques de la région d'Esfandagheh : études pétrologiques et structurale interprétation dans le cadre iranien. Thèse d'état Grenoble.

SABZEHEI, M., 1974a - Le rôle d'intrusion ultrabasique rubanée à contact thermique dans la formation du métamorphisme de haute pression dans la zone du Coloured melange de la région d'Esfandagheh. 2ème réunion ext.de la science de la terre.Nancy.

SAYAH, E., 1966 - Etude géologique par méthode électrosismique dans la région de Hamadan, C.G.G. Téhéran. I br. in⁸, imprimée, p. 1-22, fig.1-6 h.t.

SCHROEDER, J.W., 1944 - Essai sur la structure de l'Iran : Eclogae geol. Helv. vol. 37, n° 1, pp. 37-81.

SCHROEDER, J.W., 1945 - Sur l'âge des couches vertes de l'Elbourz (Iran) C.R. Soc. Phys. et Hist. Nat., Genève, 62/1.

SEYED-EMAMI, K., 1967 - Zur Ammoniten-Fauna und stratigraphie der Badamu-Kalke bei Kerman, Iran (Jura, oberes Untertoarcium bis mittleres Bajocium) : Thesis Ludw. Maxim. Univ. Munich, 180 p. 15 pls.

SEYED-EMAMI, K., 1971 - The Jurassic Badamu Formation in the Kerman region with some remarks on the Jurassic stratigraphy of Iran : Geol. Surv. Iran Rept., n° 19, p. 1-80, 15 pls.

SEYED-EMAMI, K., 1971 - A summary of the Triassic in Iran : Geol. Surv. Iran Rept. n° 20, p. 41-53.

SEYED-EMAMI, K., BRANTS, A., and BOZORGNIA, F., 1971 - Stratigraphy of the Cretaceous rocks southeast of Esfahan : Geol. Surv. Iran Rept. n° 20, p. 5-40.

SEYED-EMAMI, K., BOZORGNIA, F., EFTEKHAR-NEZHAD, J., 1972 - Der erste sichere Nachweis von Valanginien im nördlichen Zentral Iran : N.Jb. Geol. Pal. Mh. H.11, p. 52-67.

SEYED-EMAMI, K., 1975 - Jurassic-Cretaceous Boundary in Iran : Amer. Assoc. Petrol. Geol., Feb.1975.

SODER, P.A., 1959 - Geology of the area north of Saveh. Tehran (Gr.174). 9 Maps, 3 plates.

STAHL, A.F., VON, 1911 - Permien : Hndbch. Reh. Geol. vol. 5, pt.6, n° 8. pp. 1-46.

STEIGER, R., 1966 - Die Geologie der West-Firoz-Kuh-Area (Zentralelburz Iran) : Mitt. geol. Inst. eidg. tech. Hochsch. Univ. Zürich, N.F. 68, 145 p.

STEPANOV, D.L., GOLSHANI, F., and STOCKLIN, J., 1969 - Upper Permian and Permian-Triassic boundary in North Iran : Geol. Surv. Iran, Rept. 12, Teheran, 72 p.

STOCKLIN, J., 1954 - Geology of the Area between Kashan, Ardestan and Isfahan. N.I.O.C. Geol. Rep. 108 B.

STOCKLIN, J., 1954 - Geology of Kuhestan-i-Qum and Ravan Area : N.I.O.C., Geol. Rep. 126.

STOCKLIN, J., 1961 - Geology of the North West Lut area (Iran). N.I.O.C., Geol. Rep. 234.

- STOCKLIN, J., RUTTNER, A., and NABAVI, M., 1964 - New data on the Lower Paleozoic and Pre-Cambrian of North Iran : Geol. Surv. Iran Rept. n° 1, 29 p.
- STOCKLIN, J., EFTEKHAR-NEZHAD, J., et HUSHMAND-ZADEH, A., 1965 - Geology of the Shotori Range (Tabas area, East Iran). Geol. Surv. Iran, Rept. n° 3, Teheran, 69 p.
- STOCKLIN, J., NABAVI, M., and SAMIMI, N., 1965 - Geology and mineral resources of the Soltanieh Mountains (Northwest Iran) : Geol. Surv. Iran Rept. n° 2, 44 p.
- STOCKLIN, J., 1968 - Structural history and tectonics of Iran : a review. Amer. Ass. Petrol. Geologists Bull., vol. 52, n° 7, pp. 1229-1258.
- STOCKLIN, J., NABAVI, M., 1968 - Summary of the geology of the Alborz Mountains and Iranian Azerbaijan. Paper presented at the international session on tectonic Map of the Europe, the Near and Middle East-Baku.
- STOCKLIN, J., EFTEKHAR-NEZHAD, J., 1969 - Explanatory text of the Zanzan quadrangle map. 1:250 000. Geol. Surv. Iran. Geol. Quadrangle n° D4.
- STOCKLIN, J., 1971 - Stratigraphie lexicon of Iran, part I : Central, North and East Iran. Geol. Surv. Iran. rept. n° 18.
- TAKIN, M., 1972 - Iranian geology and continental drift in the Middle East, Nature 235, p. 147-150.
- TARAZ, H., 1969 - Permo-Triassic Section in Central Iran : Amer. Ass. Petrol. Geologists Bull. Tulsa, vol. 53, n° 3, p. 688-693.
- TARAZ, H., 1972 - Geologie de la région sur mag-Deh-Bid (Iran central). Thèse, France, Univ. Orsay, 222 p.
- TCHALENKO, J.S., AMBRASEYS, N.N., BERBERIAN, M., 1974 - Materials for the study of the Seismotectonics of North-Central Iran. Geological Surv. Iran. Rept. n° 29.
- THIELE, O., 1965 - Zum Alter der Metamorphose in Zentral-Iran : Mitt. Geol. Geolisch. Wien, vol. 58, pp. 87-101.
- THIELE, O., et al., 1968 - Explanatory text of the Golpayegan Quadrangle Map, 1/250 000. Geol. Surv. Iran, Geol. Quad. Map. E-7, 24 p.
- THIETZE, E., 1877 - Bemerkungen über die Tektonik des Albursgebirges in Persien : Jarb. K.K., Geol. Reichsanst., Wien, Bd 27, H.E. pp. 375-430.
- TOZER, E.T., 1971 - Triassic Time and Ammonoids : Problems and Proposals : Canad. Journ. Earth. Sci., vol. 8, n° 8, p. 989-1031.
- TOZER, E.T., 1971 - One, two or three connecting links between Triassic and Jurassic Ammonoids ? : Nature, v. 232, n° 5312, p. 565-566.
- VIALON, P., HOUSHMANDZADEH, A., SABZEHEI M., 1972 - Proposition d'un modèle de l'évolution pétrostructurale de quelques montagnes iraniennes. Comme une conséquence de la tectonique de plaque 24th. Intern. Geol. Congr. Montreal sec.3, p.196-208.
- VATAN, A., et AYANIAN, P., 1962 - Observations sédimentologiques sur les couches vertes de l'Elbourz (Iran) : C.R. som. Soc. Geol. France, Paris, n° 10, pp.320-321.
- VILLAGE GAZETTEER OF IRAN. Published by statistical Center of Iran (1966).

VOGEL, K., 1960 - Zu strukturen und funktion der "Suphonalpfiler" der Hippuriten (lamellibranchiata). Paleont. Z. 34 (3-4).

WIEDMANN, J., 1970 - Über den Ursprung der Neoammonoiden - Das Problem einer Typogenese : Eclog.Geol. Helvet., vol. 63, n° 3, p. 923-1020, 10 pls.

ZAHEDI, M., et al., 1969 - Explanatory text of the Esfahan Quadrangle Map, 1/250 000 Geol. Surv. Iran, Unpublished.

ZAHEDI, M., 1971 - Etude géologique de la Région de Soh (W de l'Iran Central) : Thesis, Univ. Lyon, 278 p.

LISTE DES FIGURES

- Fig.1 - Unités structurales de l'Ouest de l'Iran
- Fig.2 - Les différentes zones de la région d'Avaj
- Fig.3 - Situation géographique de la région d'Avaj
- Fig.4 - Les différentes chaînes de la région d'Avaj
- Fig.5 - Carte géographique de la région d'Avaj
- Fig.6 - Données climatologiques de la région d'Avaj
- Fig.7 - Données climatologiques de la région d'Avaj
- Fig.8 - Log stratigraphique de la région d'Avaj
- Fig.9 - Carte tectonique générale de l'Iran
- Fig.10 - Colonnes stratigraphiques des formations de Soltanieh et de Barut au Nord-Ouest du village de Kisajin
- Fig.11 - Paléogéographie de l'Iran durant l'Infracambrien
- Fig.12 - Coupes montrant la série du paléozoïque dans la région d'Avaj
- Fig.13 - La formation de Lalun et le "Top Quartzite" dans les régions d'Avaj, de Soh et de Shirgesht
- Fig.14 - Coupes de corrélation de la formation de Mila dans les régions d'Avaj, de Zanjan et de l'Alborz
- Fig.15 - Coupe de la formation de Sinak au Sud du village de Sinak
- Fig.16 - Corrélation entre les formations du Permien dans la région d'Avaj
- Fig.17 - Corrélation des formations du Permien en Iran
- Fig.18 - Coupe stratigraphique du Trias au Nord-Ouest du village de Kisajin
- Fig.19 - Paléogéographie de l'Iran durant le Trias supérieur
- Fig.20 - La formation de Shemshak dans la chaîne d'Ab-e-Garm
- Fig.21 - Coupe des formations de Dalichai et de Lar à l'Est du village d'Ab-e-Garm
- Fig.22 - Coupe de la formation de Dalichai à 3 km au Sud du village de Sakiz Nab
- Fig.23 - Paléogéographie de l'Iran durant le Lias
- Fig.24 - Crétacé inférieur dans la chaîne d'Ab-e-Garm
- Fig.25 - Coupe schématique des schistes de l'Albien dans le Kuh-e-Qareh Lar
- Fig.26 - Coupe stratigraphique du Crétacé au N du village de Meyandarreh

- Fig.27 - Coupe schématique du Crétacé supérieur au Nord de Qaleh Abdollahkhan
- Fig.28 - Discordance entre l'Eocène et le Crétacé supérieur au Nord-Ouest de Qaleh Abdollahkhan
- Fig.29 - Discordance entre la formation de Ziarat et le Lias au Sud-Ouest du village de Sakiz Nab
- Fig.30 - Corrélation entre les formations de l'Eocène dans la chaîne d'Ab-e-Garm
- Fig.31 - Discordance entre l'Eocène et le Trias supérieur - Jurassique dans la montagne de Gurgaleh
- Fig.32 - Coupe de la formation de Ziarat dans le Kuh-e-Dagerman
- Fig.33 - La formation de Qom dans la chaîne d'Ab-e-Garm
- Fig.34 - Coupe des formations de l'Oligo-Miocène dans le Kuh-e-Aran
- Fig.35 - Coupe de la formation de Qom au N du village de Manian
- Fig.36 - Coupe de la formation de Qom dans le Kuh-e-Qazeyan
- Fig.37 - Coupe schématique de la formation de Qom à l'Ouest du village de Razan
- Fig.38 - Les isopaques de l'Oligo-Miocène marin en Iran d'après H.Huber et A.Gansser (1955)
- Fig.39 - Coupe de la Formation rouge supérieure au Sud du village d'Avaj
- Fig.40 - Structures sédimentaires directionelles (structures entrecroisées et ripple marks) dans la Formation rouge supérieure dans la région d'Avaj
- Fig.41 - Variation de la teneur de SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , CaO , MgO et $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ en fonction de l'indice de différenciation
- Fig.42 - Carte tectonique de la région de Zanjan - Saveh
- Fig.43 - Les unités structurales de la région d'Avaj
- Fig.44 - Coupes structurales de la région d'Avaj
- Fig.45 - Les failles d'Hassanabad et d'Avaj
- Fig.46 - Projection stéréographique des joints de tension le long des failles d'Avaj et d'Hassanabad.
- Fig.47 - Projection stéréographique des joints indifférenciés le long des failles d'Avaj et d'Hassanabad
- Fig.48 - Diagrammes stéréographiques montrant les positions de la schistosité
- Fig.49 - Diagrammes stéréographiques montrant les positions des linéations B
- Fig.50 - Carte séismotectonique de la région d'Avaj
- Fig.51 - Différentes zones de la région d'Avaj (Trias supérieur - Jurassique)
- Fig.52 - Schéma de l'évolution structurale de la région étudiée.

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1 - La série stratigraphique de la région d'Avaj
- Tableau 2 - Corrélation des formations du Carbonifère en Iran
- Tableau 3 - Corrélation des formations du Trias en Iran
- Tableau 4 - Corrélation des formations jurassiques en Iran
- Tableau 5 - Corrélation des formations du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur en Iran
- Tableau 6 - Analyses chimiques
- Tableau 7 - Calcul de norme et des principaux paramètres
- Tableau 8 - Les types de magma (d'après Rittman)
- Tableau 9 - Les types de magma dans la région d'Avaj
- Tableau 10 - Indice de différenciation
- Tableau 11 - Tableau récapitulatif des mouvements orogéniques et épirogéniques dans la région d'Avaj
- Tableau 12 - Evolution sédimentaire des différentes zones structurales de l'Iran Nord-Ouest

LISTE DES PHOTOS

- Photo 1 - Discordance entre le Crétacé inférieur et la formation de Lar au Nord-Est du village de Lak (planche 4)
- Photo 2 - Cheminées de fées dans la Formation rouge supérieure au Nord du village d'Avaj (planche 4)
- Photo 3 - Source chaude d'Ab-e-Garm (planche 5)
- Photo 4 - Chevauchement de Qaraqurqan : le Jurassique supérieur chevauche vers le Sud la formation de Karaj (planche 5)
- Photo 5 - Le village de Sagmas abad (Arteshabad), qui a été complètement détruit par le séisme de 1962 (planche 5)

CARTE GEOLOGIQUE DE LA REGION D'AVAJ

ECHELLE 1: 250 000

PAR M.H. BOLOURCHI

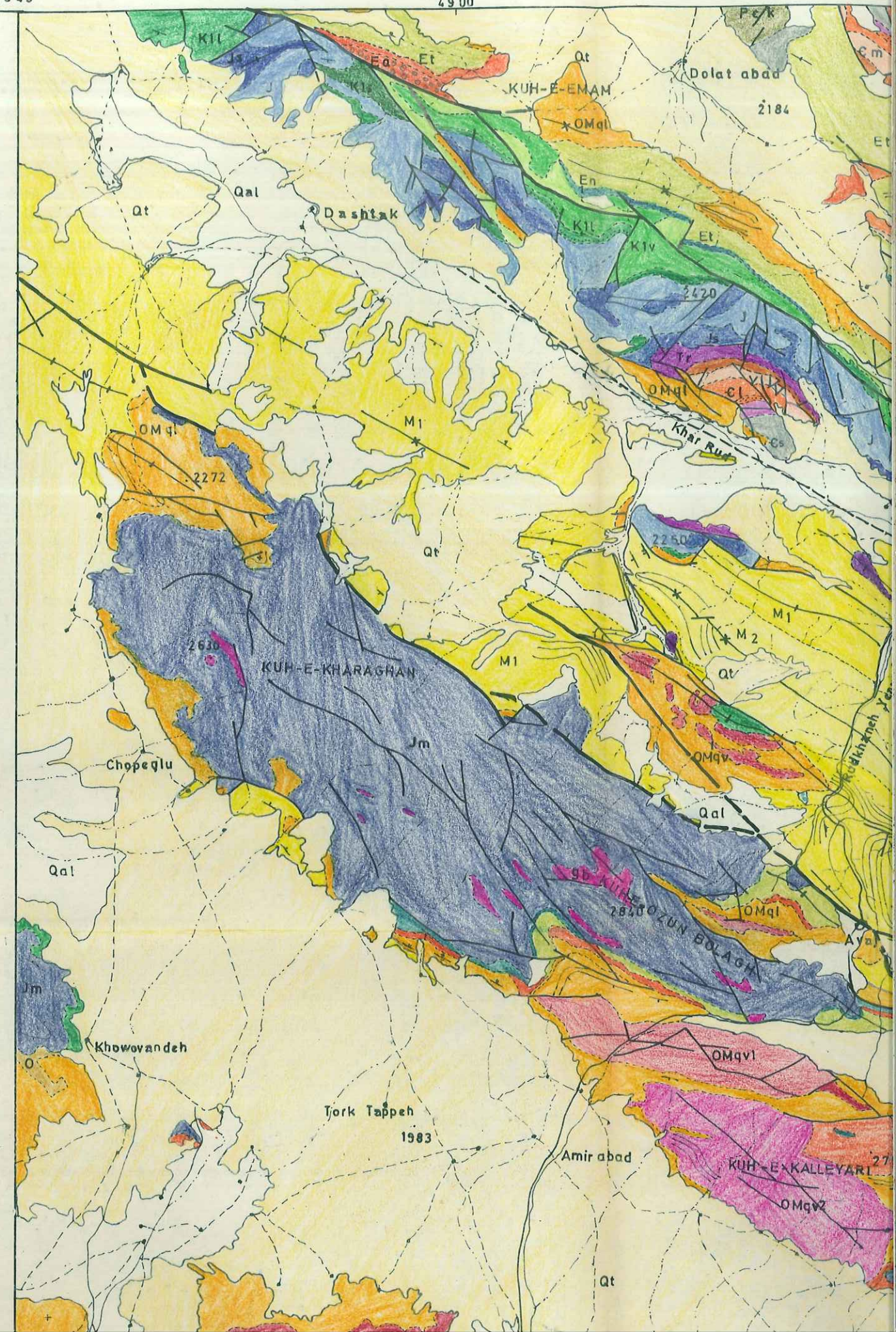
LEGENDE

QUATERNAIRE	Qal	Alluvions			
	Tr	Travertin			
	Qt	Terasses			
	B	Basalte			
OLIGO-MIO-CENE	M2	Grès conglomérats	FORMATION ROUGE SUPERIEURE		
	M1	Grès, marne			
	OMqm	OMqm: marne			
	OMqt	OMqt: tuf			
	OMqv	OMqv: basalte			
	OMq1	OMq1: Calcaire			
	O	Conglomerat grès marne	FORMATION ROUGE INFERIEURE		
Eocene	Ea	Agglomerat grès			
	Ev	Andesite alterée	FORMATION DE KARAJ		
	Et	Andesite dacite			
	En	Tuf vert			
Oligocene	En	Calcaire nummulitique	FORMATION DE ZIARAT		
	Et	Conglomerat	FORMATION DE FAJAN		
Cretace	K21	Calcaire massif			
	K2	Calcaire marne			
	K11	Schiste			
	K12	Calcaire			
	K13	Andesite basalte			
	K14	Conglomerat grès			
Jurass	J	Dolomite calcaire	FORMATION DE DALICHA ET LAR		
	Js	Gres schiste	FORMATION DE SHEMSHAK		
	Tr	Dolomite calcaire	FORMATION DE ELIKAH		
Tri	Pr	Calcaire			
PER	C	Quartzite, grès quartzitique, dolomite	FOR. DE DORUD RUTEH ET NESEN		

OMqv2	Andesite dacite basalte	
OMqv1	Andesite & roches associees	FORMATION DE QOM
OMqt	Tuf	
OMq1	Calcaire	

48 45

49 00



UE DE LA REGION D'AVAJ

LE 1: 250 000

M.H. BOLOURCHI

LEGENDE

ROUGE SUPERIEURE

esite dacite basalte
esite & roches associees
FORMATION DE QOM
aire

ROUGE INFERIEURE

DE KARAJ

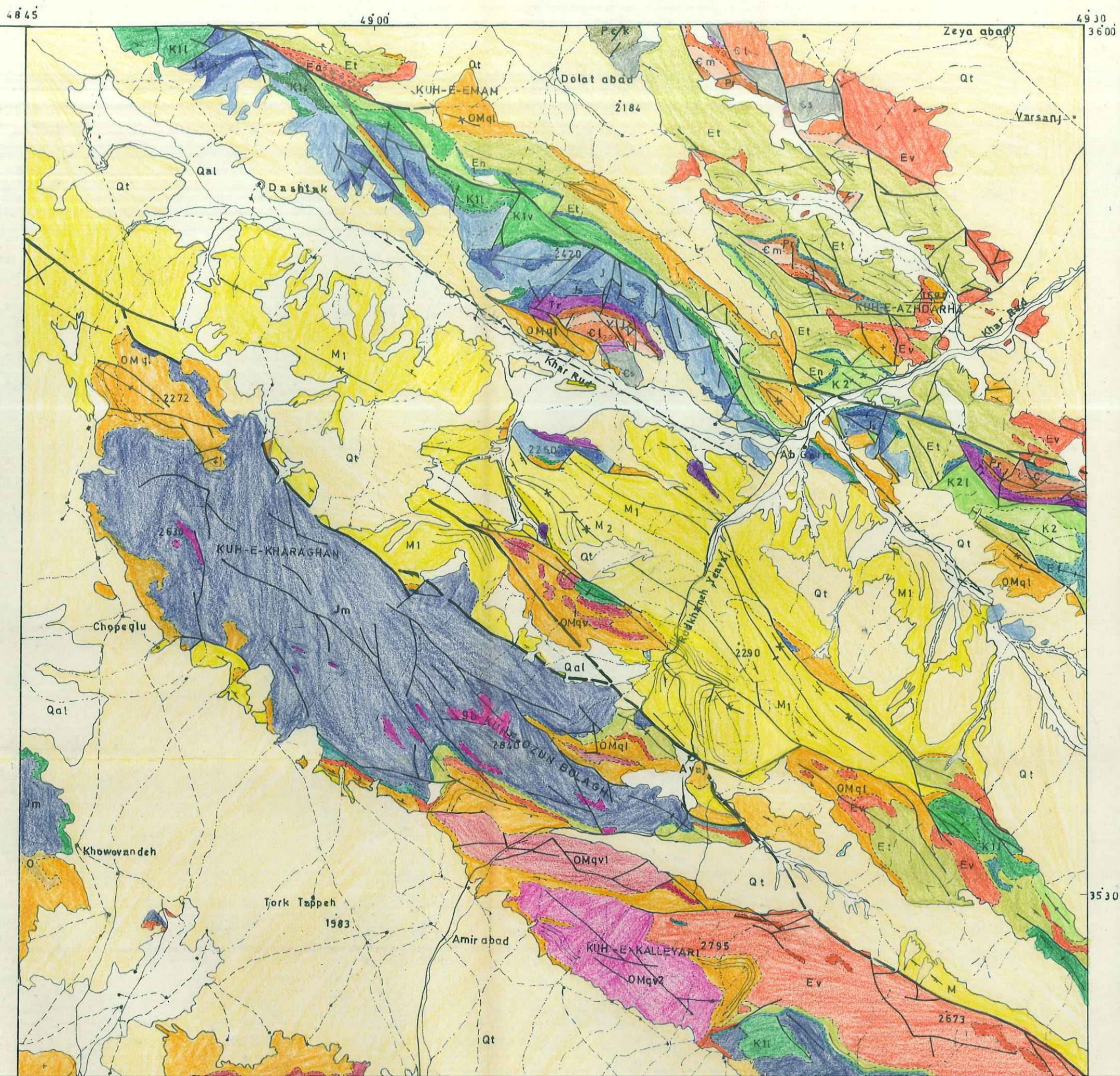
DE ZIARAT
DE FAJAN

DE DALICHAJ ET LAR

DE SHEMSHAK  Roches metamorphique

DE ELIKAH

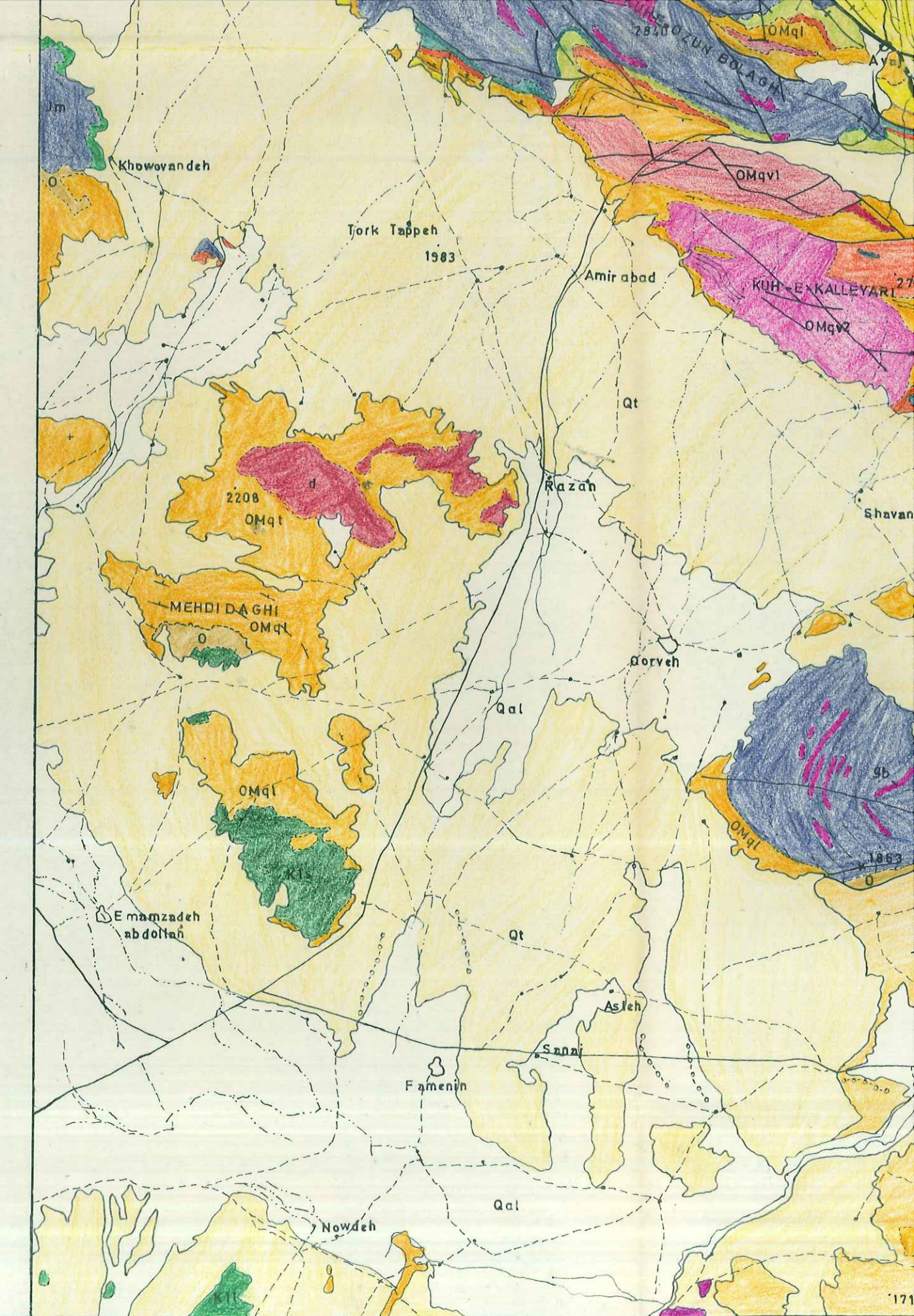
RUD RUTAH ET NESEN



PREC	En	Calcaire nummulitique	FORMATION DE ZIARAT	
INFRACAMB	El	Conglomerat	FORMATION DE FAJAN	
CAMBR	K2I	Calcaire massif		
CAR	K2	Calcaire marne		
PER	KII	Schiste		
JURASS	KIV	Calcaire		
TRI	KIc	Andesite basalte		
		Conglomerat gres		
	J	Dolomite calcaire	FORMATION DE DALICHA ET LAR	
	Js	Gres schiste	FORMATION DE SHEMSHAK	Jm
				Roches metamorphique
	Tr	Dolomie calcaire	FORMATION DE ELIKAH	
	Pr	Calcaire	FOR. DE DORUD RUTEH ET NESEN	
	C	Quartzite gres quartzitique dolomie		d
				Diorite
	Em	Calcaire	FORMATION DE MILA	
				gabro
	El	Gres	FORMATION DE LALUN	
	ie2	Schiste	FORMATION DE ZAIGUN	
	iebt	Schiste gres dolomie	FORMATION DE BARUT	
	ies	Dolomie	FORMATION DE SOLTANIEH	
	PEk	Schiste vert	FORMATION DE KAHAR	

TERTIAIRE

	Route asphaltée	Pendage
	Faillle	+ 0°
	Chevauchement	1 1-9°
	Axe anticlinal	1 10-29°
	Axe synclinal	1 30-59°
	Faillle supposée ou masquée	1 60-89°
	Limite de formation	1 90°
	Village	1 Couche renversée
	Altitude	



DE ZIARAT
DE FAJAN

DE DALICHAJ ET LAR
DE SHEMSHAK
DE ELIKAH

UD RUTEH ET NESEN

MILA
LALUN
ZAIGUN
N DE BARUT
SOLTANIEH
KAHAR

Route asphaltée
Piste Carrossable
Rivière
Qanat
Village

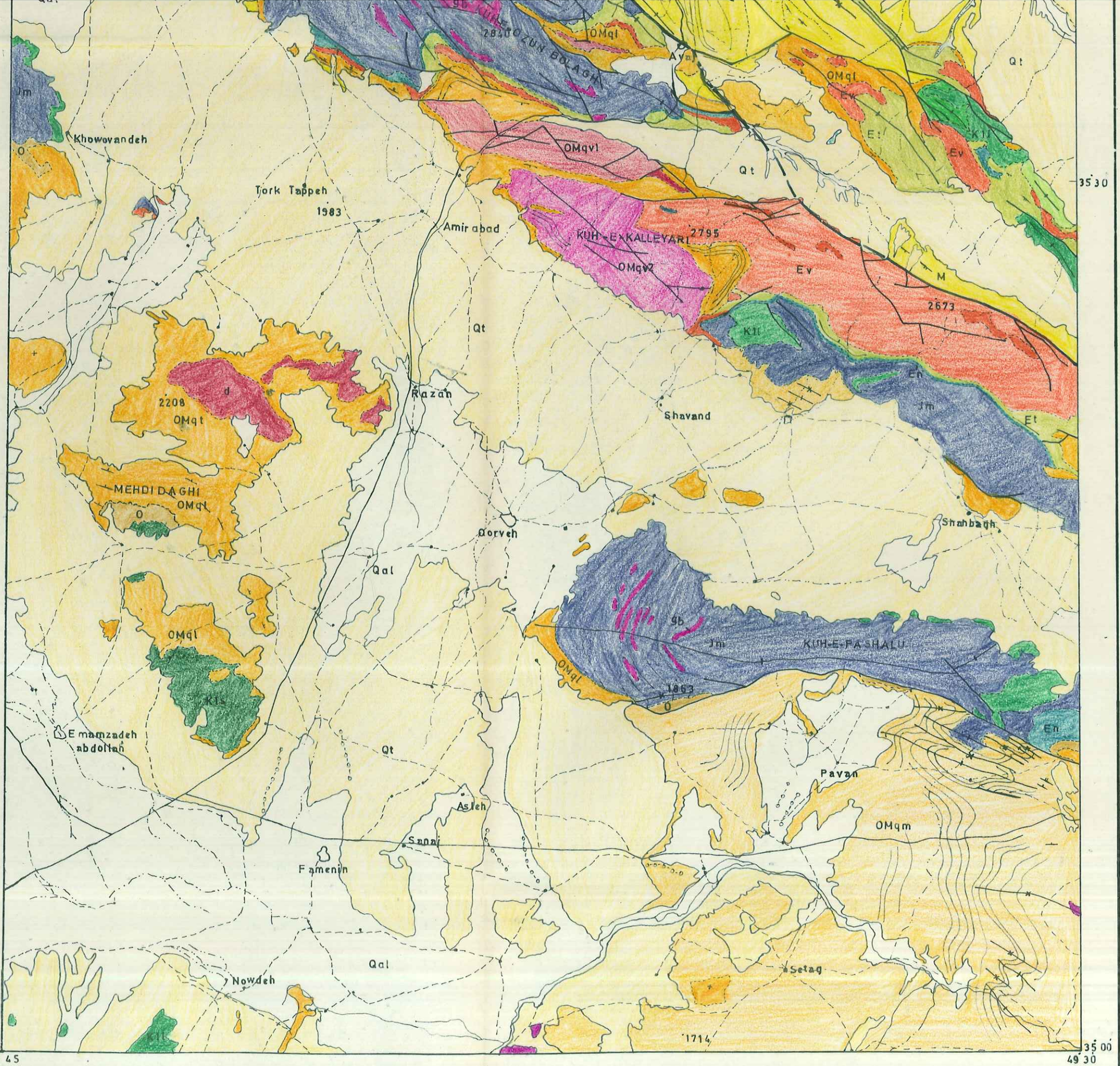
Roches métamorphique

Diorite

Gabbro

TERTIAIRE

Pendage
+ 0°
1-9°
10-29°
30-59°
60-89°
90°
Couche renversée



COUPES STRUCTURALES DE LA REGION D' AVAJ

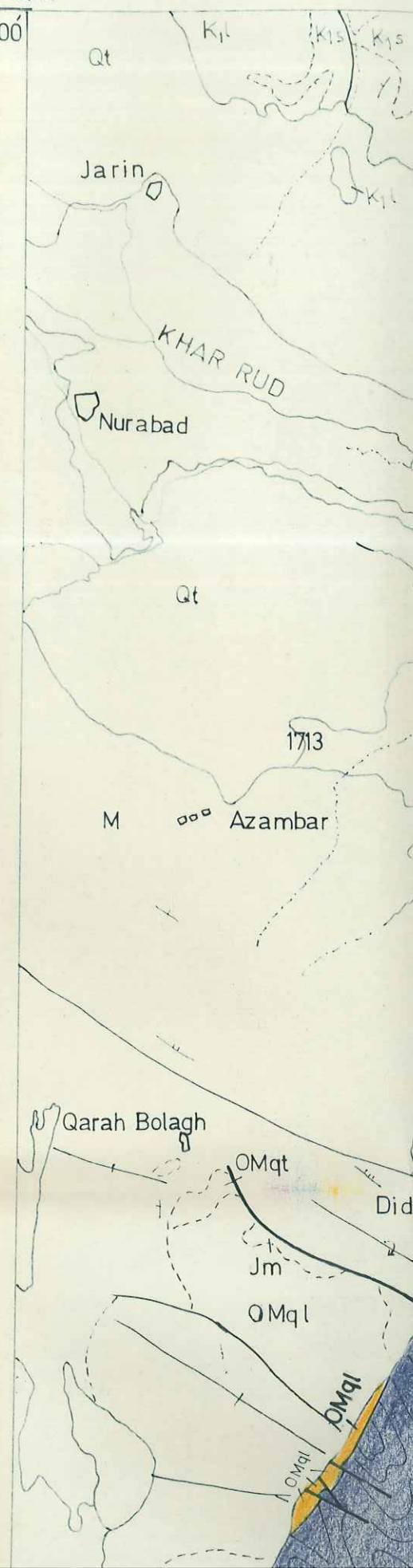
Echelle 1:100 000

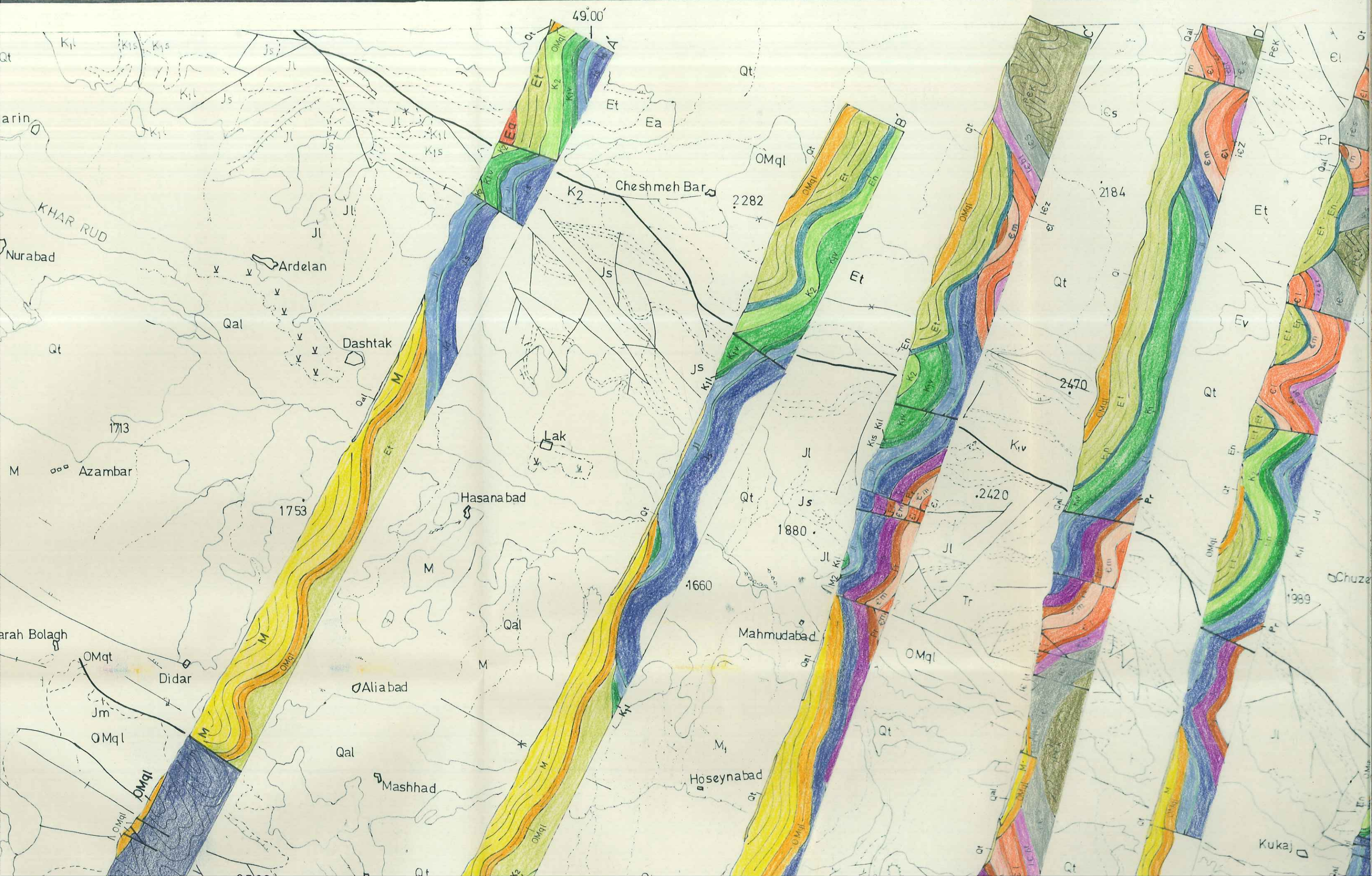
par M.H.Bolourchi

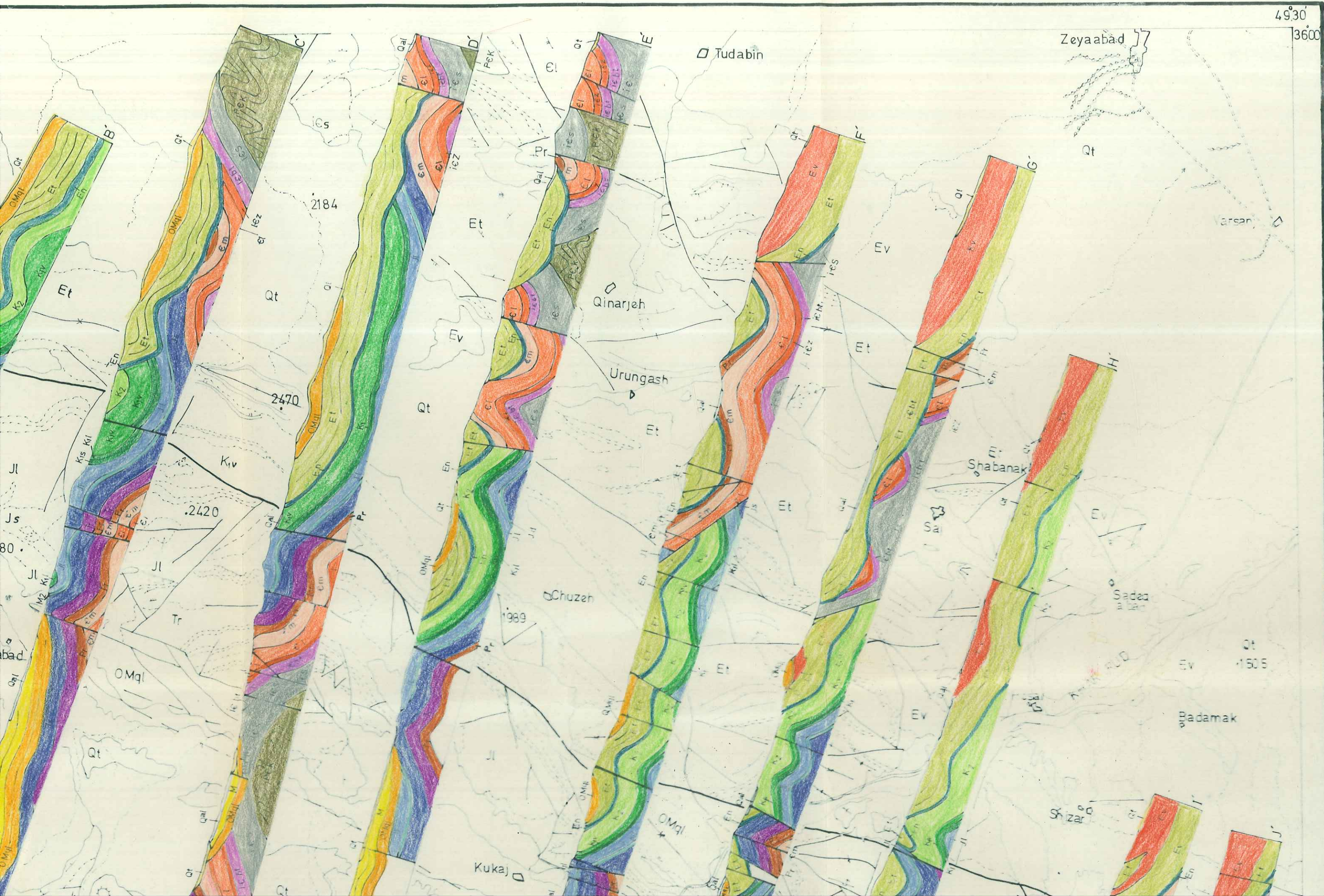
L E G E N D E

QUATERNAIRE		Végétation	
		Alluvions	
		Travertin	
		Terasses	
OLIGO-MIOCENE		Gres , conglomérats , marnes , indifférenciés Conglomérat Grès , marne Gypse , sel	FORMATION ROUGE SUPERIEURE
		OMqm : marne OMqt : tuf	
		OMqv : basalte OMq1 : calcaire	FORMATION DE QOM
		OMqv2 : Andésite , dacite , basalte OMq1 : Calcaire	
		Conglomérat , grès , marne	FORMATION ROUGE INFERIEURE
		Agglomérat , grès	FORMATION DE KARAJ
		Andésite altérée Andésite , dacite , & roches associées Tuf vert	
		Calcaire nummulitique	
		Conglomérat	FORMATION DE FAJAN

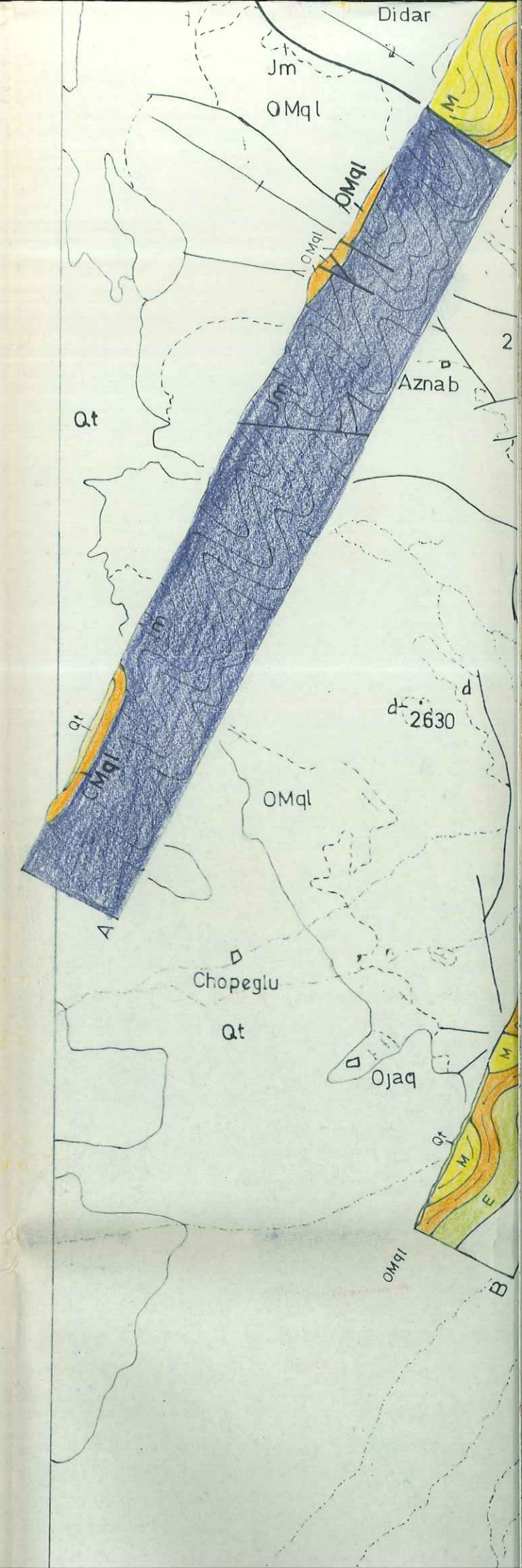
48.45
36.00

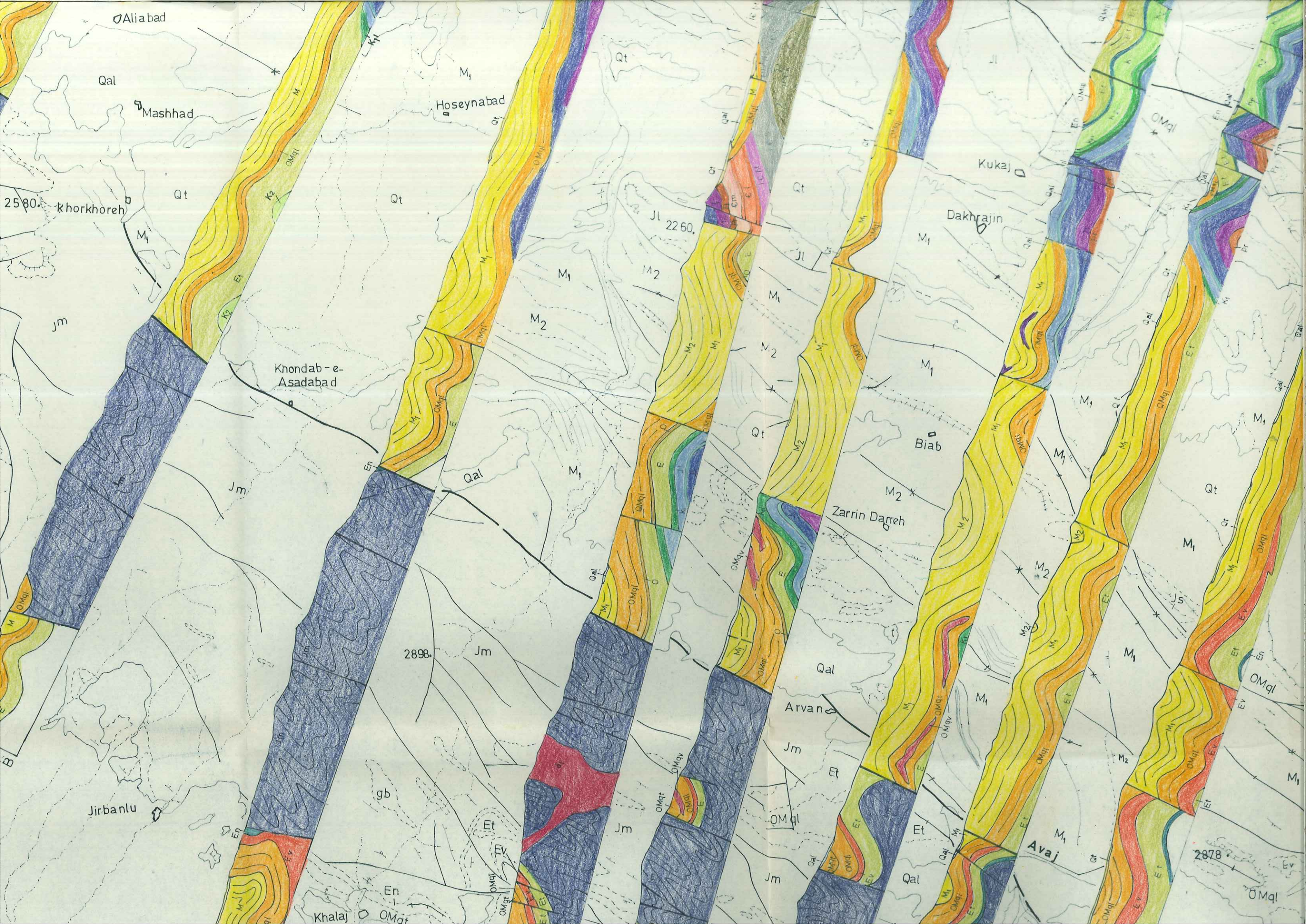


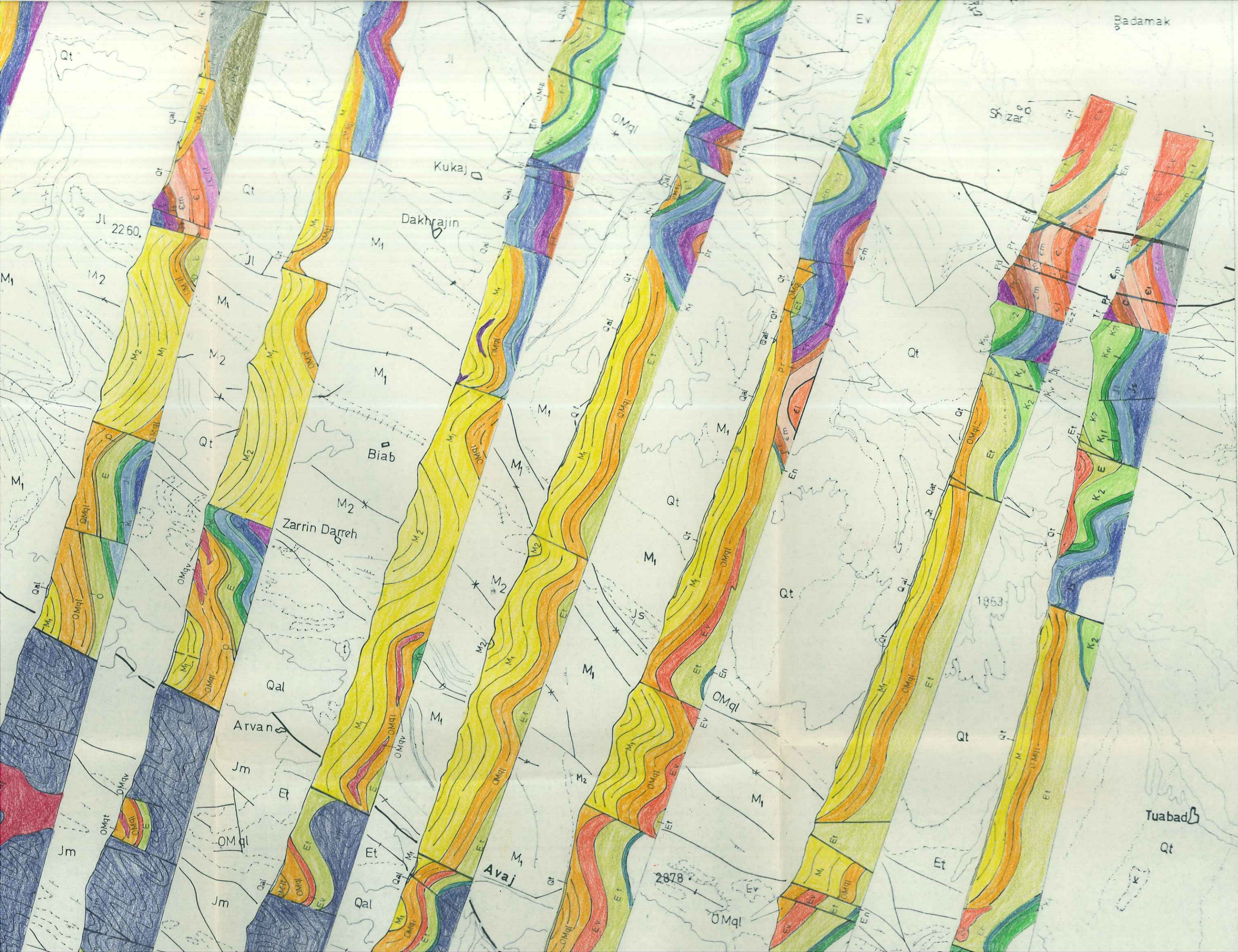


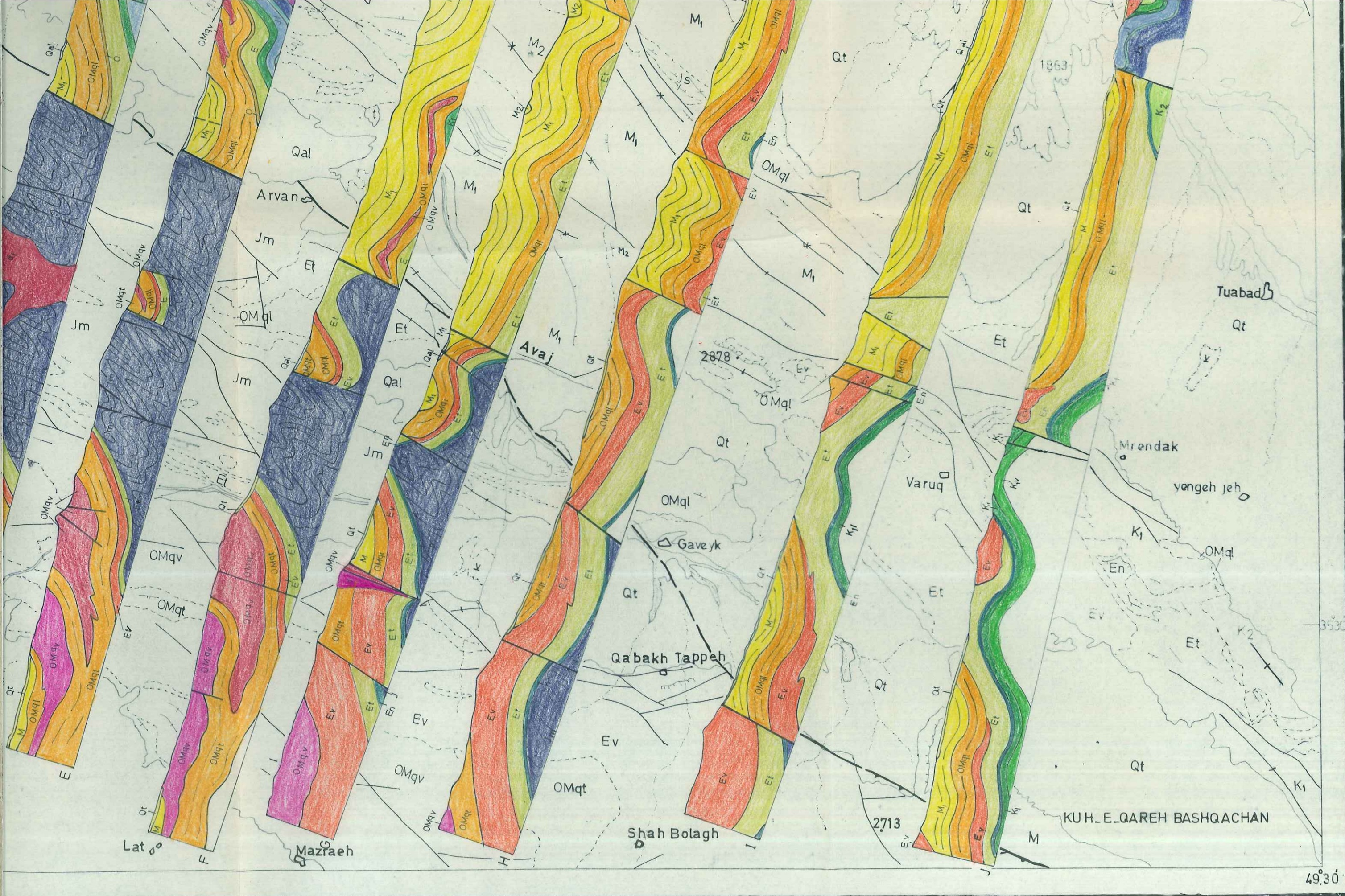


Époque	Stratigraphie	Description	Formation	Notes
Oligocène	O	Conglomérat, grès, marne	FORMATION ROUGE INFÉRIEURE	
	Ea	Agglomérat, grès	FORMATION DE KARAJ	
	Ev	Andésite altérée		
	Et	Andésite, dacite, & roches associées		
Éocène	En	Tuf vert		
	En	Calcaire nummulitique	FORMATION DE ZIARAT	
Crétacé	Et	Conglomérat	FORMATION DE FAJAN	
	K ₂	Calcaire massif		
	K ₁	Calcaire, marne		
	K _{1c}	Schiste		
Jurassique	K ₁	Calcaire		
	K _{1c}	Andésite, basalte		
	K _{1c}	Conglomérat, grès		
	J ₁	Gypse, marne	FORMATION DE LAR	
Trias	J ₁	Dolomie, calcaire	FORMATION DE DALICHAÏ	Jm
	J ₂		FORMATION DE SHEMSHAK	
	J ₃	Grès, schiste		
	T ₁	Dolomie	FORMATION D'ELIKAH	d
Permien	T ₁	Calcaire		
	P ₁	Horizon de bauxite	FOR. DE RUTEH ET NESEN	di
Carbonifère	P ₁	Grès, schiste, conglomérat	FORMATION DE DORUD	
	C	Quartzite, grès quartzitique, dolomie		
Cambrien	Em	Calcaire, schiste, dolomie	FORMATION DE MILA	
	El	Grès	FORMATION DE LALUN	
Pré-Cambrien	ie ₂	Schiste	FORMATION DE ZAIGUN	
	ie ₁	Schiste, grès, dolomie	FORMATION DE BARUT	
	ie ₁	Dolomie	FORMATION DE SOLTANIEH	
	ie ₁	Schiste vert	FORMATION DE KAHAR	









ge

-9°

-29°

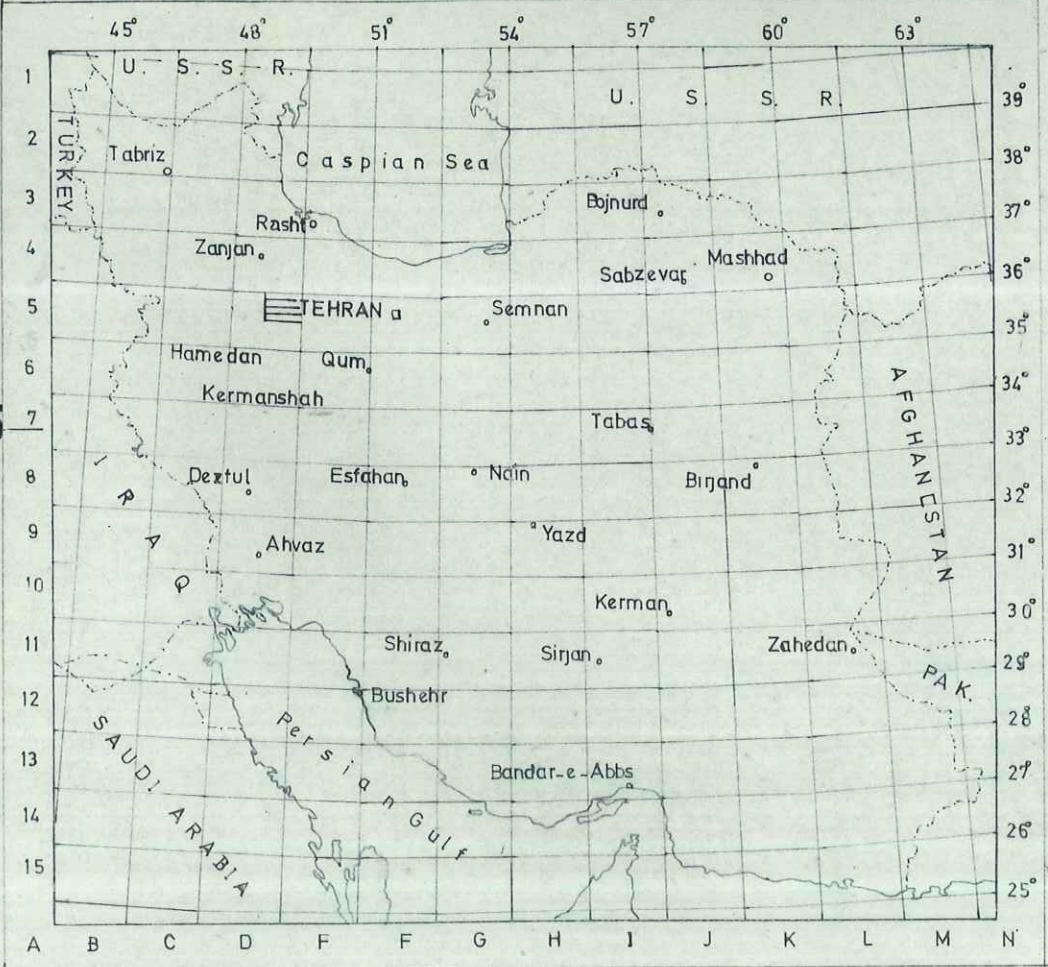
-59°

-89°

uche renversée



INDEX MAP



35°30'

48°45'

49°00'

PREC	Pd	Gres, schiste, conglomérat	FORMATION DE DORUD
INFRACAMB	C	Quartzite, grès quartzitique, dolomie	
CAMB	Em	Calcaire, schiste, dolomie	FORMATION DE MILA
	El	Grès	FORMATION DE LALUN
	IEz	Schiste	FORMATION DE ZAIGUN
	IEbt	Schiste, grès, dolomie	FORMATION DE BARUT
	IEs	Dolomie	FORMATION DE SOLTANIEH
	PEk	Schiste vert	FORMATION DE KAHAR

	Falaise		Point de triangulation	Pendage
	Terasse		Altitude	+ 0°
	Source chaude		Route asphaltée	1 - 9°
	Qanat		Riviere	10 - 29°
	Axe anticlinal		Village	30 - 59°
	Axe synclinal			60 - 89°
	Chevauchement			90°
	Faille			Couche renversée
	Faille supposée ou masquée			
	Limite de formation			

Fig.44

